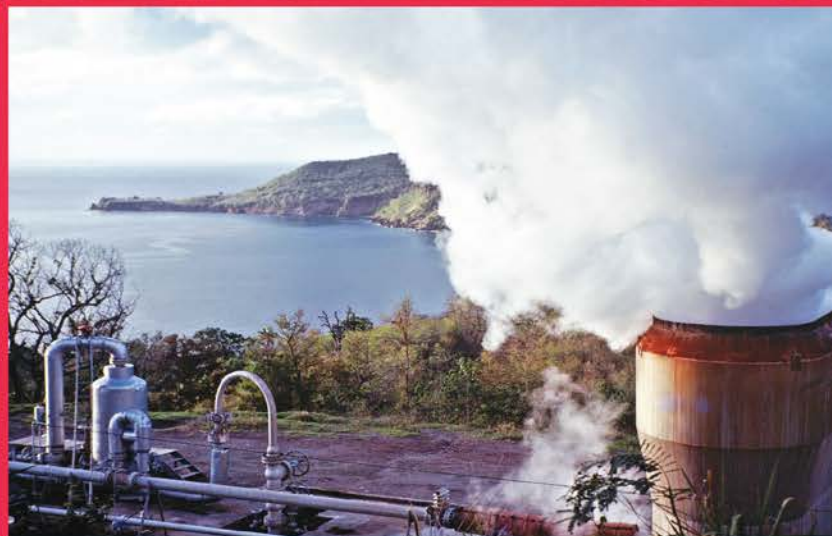
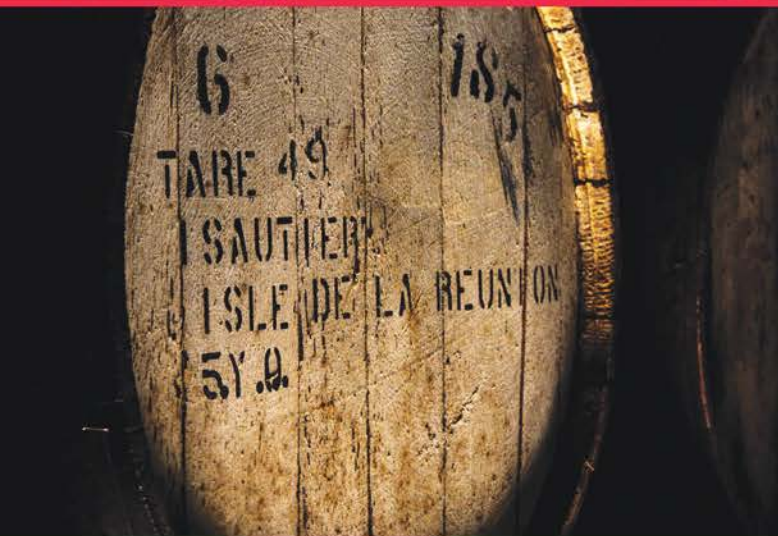


RÉALITÉS INDUSTRIELLES

« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »
Charles Coquebert, *Journal des mines* n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)



Les industries d'outre-mer et leurs transitions

UNE SÉRIE DES
ANNALES
DES MINES

FONDÉES EN 1794

AOÛT 2023

Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines Télécom

UNE SÉRIE DES
**ANNALES
 DES MINES**
 FONDÉES EN 1794

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Série trimestrielle – Août 2023

Rédaction

Conseil général de l'Économie (CGEJET),
 Ministère de l'Économie, des Finances
 et de la Souveraineté industrielle et numérique
 120, rue de Bercy - Télédock 797
 75572 PARIS CEDEX 12
 Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

[Grégoire Postel-Vinay](#)
 Rédacteur en chef

[Gérard Comby](#)
 Secrétaire général

[Alexia Kappelmann](#)
 Secrétaire générale

[Daniel BOULA](#)
 Secrétaire général adjoint

[Magali Gimon](#)
 Assistante de rédaction / Maquettiste

[Myriam Michaux](#)
 Webmestre et maquettiste

Publication

Photos de couverture

En haut à gauche : sln-doniambo.jpg

En haut à droite : © Christel Caulet / Flickr

En bas à gauche : Agence Du simple au double
 Q22A9912.jpg

En bas à droite : © Daniel Jolivet / Flickr

Iconographie

Alexia Kappelmann

Mise en page

Myriam Michaux

Impression

Dupliprint Mayenne

Membres du Comité de Rédaction

[Serge Catoire](#)
 Président du Comité de rédaction

[Godefroy Beauvallet](#)

[Pierre Couveinhes](#)

[Jean-Pierre Dardayrol](#)

[Jean-Marc Grognet](#)

[Hervé Mariton](#)

[Grégoire Postel-Vinay](#)

[Françoise Roure](#)

[Rémi Steiner](#)

[Christian Stoffaës](#)

[Claude Trink](#)

[Benjamin Vignard](#)

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Les industries des outre-mer et leurs transitions

04

Introduction

Hervé MARITON

Panoramas généraux

07

Des industries ultramarines contraintes, mais qui résistent - Panorama sur les industries des outre-mer
Aurélien GUILLOU et Bruno TERRIEN

15

Le développement industriel réunionnais : état des lieux, menaces et perspectives
Jean-François HOARAU

21

La décarbonation, une chance pour les outre-mer
Matthieu BERGOT

27

L'adaptation normative outre-mer, le BTP toujours au pied du mur
Stéphane BROSSARD

Exemples industriels

31

Labelliser le nickel de Nouvelle-Calédonie pour le rendre plus compétitif et plus soutenable ?
Hugo LAPEYRONIE

35

Une transition énergétique ambitieuse en Nouvelle-Calédonie, le regard d'un énergéticien
Stefan SONTHEIMER

41

La SLN en Nouvelle-Calédonie vise la production d'un nickel moins carboné
Nathalie BAKHACHE et Charles DUBOIS

47

Produire et stocker l'électricité pour décarboner les systèmes insulaires
Thierry DÉAU

51

Les sucreries de La Réunion au cœur de la transition écologique
Éric de BOLLIVIER

57

La production de rhum agricole en Martinique : Objectif zéro déchet et neutralité carbone
Emmanuel BÉCHEAU, Fanny POUGEOISE et Leïla PUEYO

65

Décarbonation, histoire et perspectives du SWAC (*Sea Water Air Conditioning*)
Richard H. BAILEY et Franck LUCAS

69

Flexibilité de l'outil de transformation, un impératif pour réussir un projet industriel en Polynésie
Bruno BELLANGER

71

France-Antilles, d'une réalité en crise à la révolution industrielle numérique en outre-mer
Claude PERRIER et Nicolas FRANÇOIS

75

La décarbonation de la place portuaire guyanaise à partir de la valorisation des sargasses
Philippe Lemoine

Contributions nationales ou mondiales des DOM COM

80

Le spatial en Guyane face aux enjeux de la transition énergétique

Philippe BAPTISTE, Jean-Marc ASTORG, Marie-Anne CLAIR, Laurence MONNOYER-SMITH et Pascal NOIR

87

L'innovation et l'accélération des *start-up* dans les outre-mer, véritable levier de développement économique et social

ZEBOX Caraïbes

92

La diversité française dans le jeu vidéo, *soft power* des outre-mer

Giovanni CELESTE

97

Entreprendre outre-mer, la quête du sens

Jérôme ISAUTIER

Hors dossier

103

Sortir de l'addiction aux combustibles fossiles : une nécessité, mais quel défi !

Gérard BONHOMME

107

Traductions des résumés

111

Biographies

Le dossier a été coordonné par Hervé MARITON

Introduction

Par Hervé MARITON

Président de la Fédération des entreprises des outre-mer (Fedom)

Il y a des industries outre-mer. Leur part, 13 % du total des emplois (article de Bruno Terrien et Aurélien Guillou, IEDOM/IEOM, chiffre 2021, pp. 7-14) est inférieure à celle constatée en métropole (16 %) ; elle n'est pour autant, ni hors de proportion, ni négligeable. Ce n'est sans doute pas l'intuition première, tant l'économie marchande y est perçue – et c'est la réalité – comme plus restreinte. Ainsi, le secteur marchand emploie 44 % des salariés⁽¹⁾ (donnée en province pour exclure les particularités de la région parisienne, 2016) pour 32 % à la Réunion, 35 % en Martinique, 30 % en Guadeloupe, 18 % en Guyane. De surcroît, les économies ultramarines sont, à l'exception principale de la Nouvelle-Calédonie, très importatrices. Le taux de couverture exportation sur importation des biens est, en 2019, de 14 % en Martinique, 10 % en Guadeloupe et Guyane, 5 % à la Réunion, 1 % à Mayotte.

La présence d'un secteur industriel vient en contre-poids d'un modèle socio-économique très largement fondé sur la présence des administrations et des établissements sanitaires publics. Ces secteurs représentent une part importante de la vie économique et de l'emploi en province ; le phénomène est aggravé outre-mer. Il vient même parfois en solution de crises structurelles. Ainsi, à Saint-Pierre et Miquelon, la réponse au déclin de la pêche a été le développement de l'administration. L'administration exerce aussi, par exemple par le niveau des rémunérations qu'elle verse à de nombreux agents publics, un effet dissuasif à l'embauche dans les entreprises, entre autres celles du secteur industriel, et dégrade leur compétitivité.

Le secteur de l'énergie, de l'eau et de la gestion des déchets occupe une place nettement plus importante qu'en métropole (19 % contre 9 % des emplois industriels). L'enjeu y est alors de voir s'il se rapproche davantage d'un modèle concurrentiel et marchand, ou s'il se maintient comme un prolongement des administrations. Le développement des énergies renouvelables rapproche de la première hypothèse.

Au surplus, les industries outre-mer sont, historiquement, très liées au secteur primaire. La transformation de produits agricoles (sucre, rhum...) représente une part plus importante qu'en métropole et participe d'un ancrage territorial de l'industrie, ancrage qui crée un véritable attachement à ces activités.

En tout cas, dans le contexte national de déclin de l'industrie, puis aujourd'hui de réindustrialisation, les outre-mer démontrent la stabilité de l'emploi industriel, quand celui-ci reculait de deux points en métropole. C'est sans doute l'effet combiné d'un caractère très dispersé du secteur industriel (à l'exception de la mine et de la métallurgie en Nouvelle-Calédonie) et des protections (tarifaires et non tarifaires) dont il dispose. Le résultat est là ; il ne dispense pas d'aborder différentes questions de l'avenir de ce secteur, comme le proposent les articles de cette édition de la série *Réalités industrielles*.

Interventions et protections

Les entreprises outre-mer bénéficient, depuis longtemps, de mesures destinées à en favoriser le développement, y encourager l'investissement et l'emploi : interventions directes, aides fiscales à l'investissement, exonération de charges sociales, protections tarifaires et non tarifaires. Le secteur de l'industrie – avec celui de l'agriculture – a toujours été ciblé comme justifiant un intérêt particulier. Ces mesures répondent – y compris dans leur justification au sein de l'Union européenne – à la situation propre des territoires ultramarins (contraintes géographiques, climatiques...), mais aussi à la conscience : d'un retard d'investissement, d'équipement des entreprises, d'un développement insuffisant du secteur marchand ; et à la volonté de stimuler celui-ci. Au regard de la bonne tenue relative du secteur industriel, on peut considérer le bilan comme positif. Au regard d'une situation de l'emploi qui reste très dégradée (en particulier le chômage des jeunes), il y a encore beaucoup à faire.

Au surplus, ce soutien à l'activité n'empêche pas le déclin démographique de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Nouvelle-Calédonie, de Wallis et Futuna et de Saint-Pierre et Miquelon. Ce déclin est plus particulièrement marqué s'agissant des jeunes diplômés qui ne restent pas ou ne reviennent pas « au pays ». C'est, particulièrement pour l'avenir de l'industrie, une source d'inquiétude majeure.

Un des dispositifs de protection, dans les départements et régions d'outre-mer, est l'octroi de mer, taxation différentielle des produits fabriqués localement ou importés, dispositif validé par l'Union européenne. D'autres mesures à visée comparable existent dans les collectivités d'outre-mer qui, sauf Saint-Martin, sont hors de l'Union européenne

⁽¹⁾ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3553188>

au sens plein. L'octroi de mer coexiste, le plus souvent, avec une TVA à taux inférieurs à ceux de la métropole. L'aggravation de l'inflation, les critiques récurrentes sur « la vie chère » outre-mer, mettent en question l'octroi de mer. Au-delà de sa fonction de protection de la production locale, il contribue aussi au financement des collectivités. Par quoi le remplacer ? Une TVA spécifique ? Le gouvernement a ouvert le débat ; aucune solution n'est aujourd'hui évidente. Des améliorations paramétrées (par exemple sur les taux appliqués aux produits de première nécessité), la transparence dans la fixation des taux sont évoquées. En tout cas, le secteur de l'industrie revendique le maintien d'une protection efficace et durable, et rappelle le principe de l'économiste et mathématicien Nicolas-François Canard, repris par Thiers, selon lequel « un vieil impôt est un bon impôt »...

L'ouverture régionale

La question de l'ouverture des économies ultramarines sur leur environnement régional est ancienne et frustrante. La situation géographique insulaire (à l'exception de la Guyane) ne dispense pas de cette interrogation. Le cadre européen, les politiques nationales, les choix locaux contribuent à une très faible ouverture. L'Europe impose des normes qui sont différentes de celles utilisées sur les marchés des territoires voisins. Et compte tenu des écarts de compétitivité (en particulier du fait des salaires), le fabricant de matériaux de construction a-t-il intérêt ou non à l'ouverture ? Et l'entreprise de BTP ? L'inclusion des départements et régions d'outre-mer dans le périmètre des « zones non interconnectés » (ZNI) permet de bénéficier d'une péréquation nationale qui protège du coût de revient local de production de l'électricité. Dès lors, la Guyane est une « île électrique », et toute question de coopération avec le Surinam ou le Brésil voisins est hors sujet. Les autorités locales évoquent souvent l'importance de la coopération régionale. Mais la réalité est, en droit ou en fait, une grande fermeture (réciproque) aux investissements, des flux d'affaires extrêmement limités. Ensuite, bien sûr, se pose la question de ce que les industries locales pourraient exporter. Le bilan actuel est maigre ; il n'évolue pas beaucoup. Mais, à exporter du minerai de nickel en Asie, la Nouvelle-Calédonie perdrait-elle à en exporter aussi en Australie ? C'est un enjeu local, c'est aussi un enjeu national – sans desservir l'objectif français, voire européen, d'autonomie stratégique pour l'approvisionnement en métaux rares – s'il s'agit de positionner la France dans une stratégie indo-pacifique.

Parfois, la fermeture est une sorte d'auto-fermeture, où la France, pour différentes raisons, restreint l'exploitation (et alors la transformation) de ressources, quand, illégalement, ses voisins la pratiquent, parfois même sur nos territoires. Il en est ainsi de l'or⁽²⁾, de la pêche, ou même des hydrocarbures en Guyane. Les choix et restrictions de la partie française sont alors, quel que soit leur fondement, de peu d'effet.

Cette question du degré d'ouverture ou d'intégration régionale souhaitée, selon les conséquences favorables ou non, selon les secteurs, mériterait davantage d'attention. On parle beaucoup de régionalisation de la mondialisation. Nos territoires et nos industries n'y échappent pas, par exemple à constater la restructuration du transport maritime. Ces conditions nouvelles justifieraient un examen nouveau de cet enjeu.

La décarbonation

Les économies ultramarines sont très carbonées. Le mix électrique est encore très dépendant des hydrocarbures (dans un contexte d'absence de nucléaire et de montée progressive des énergies renouvelables). Le niveau d'importation de biens est élevé induisant une forte empreinte carbone. L'économie dépend beaucoup de transports carbonés (l'automobile est reine faute de transports en commun ; le rôle de l'avion est central tant pour la venue des touristes que pour les déplacements de population ; le transport maritime conditionne les échanges commerciaux).

Au-delà, les populations ultramarines sont sensibles au changement climatique et, par exemple, à la montée des eaux. Des atolls peuvent disparaître en Polynésie ; l'île d'Ouvéa, en Nouvelle-Calédonie, peut être séparée en deux ; le village de Miquelon, à Saint-Pierre et Miquelon, devra, sans doute, être déplacé...

La décarbonation est une contrainte, mais elle est aussi une opportunité industrielle. Opportunité d'évaluation et d'évolution des entreprises industrielles qui ont engagé de nombreuses initiatives. Opportunité de production et d'autoconsommation sur le site industriel. Opportunité de travailler davantage à la circularité dans l'économie locale, du recyclage à la reconversion des friches. Opportunité de mieux calibrer la taille et les besoins énergétiques des outils de production. Ce peut être l'enjeu d'initiatives autour de l'industrie 4.0, de la miniaturisation, customisation des outils de production, rares encore. Opportunité de débouchés nouveaux, attractifs pour de jeunes talents jusqu'ici guère désireux de rester, revenir ou venir « au pays » après leurs études supérieures. Opportunité du fait d'un gisement important d'énergies renouvelables, sur terre, dans l'air, en mer. Ces opportunités doivent permettre de répondre aux exigences normatives et commerciales. Elles peuvent aider à compenser des faiblesses actuelles de compétitivité. Le nickel calédonien est cher ; un nickel vert peut devenir un atout compétitif.

⁽²⁾ On estime à environ 10t/an les extractions d'or en Guyane, soit au cours actuel 560M€, l'exploitation légale portant quant à elle sur 1,2 à 1.5t/an. Des opérations de police de grande ampleur ont été menées en 2022 pour réduire l'exploitation illégale, mais se heurtent à de grandes difficultés pour empêcher le retour des *garimpeiros*.

Assez classiquement, la réussite de la décarbonation, du développement des énergies non carbonées passe par la visibilité et la stabilité des règles. Les industriels producteurs d'énergie et leurs clients sont par exemple demandeurs de programmations pluriannuelles de l'énergie sur une plus longue période (dix ans) dans les départements et régions d'outre-mer, et d'appels d'offres de la Commission de régulation de l'énergie (CRE) plus réguliers. Là où la CRE n'est pas compétente (les collectivités d'outre-mer), une gouvernance devra être établie. Les enjeux de financement, de foncier, de formation, d'acceptation environnementale et sociale sont naturellement présents. La nature des réseaux est un point toujours important, avec des difficultés de connectique, compte tenu des problèmes récurrents de communication, incompatibles avec la gestion de l'intermittence. Enfin, les outre-mer sont un terrain propice aux innovations. Le petit nucléaire est parfois évoqué, avec l'intérêt porté, à plus long terme, à l'installation de SMR (*small modular reactor*) en Nouvelle-Calédonie, compte tenu de la présence d'industries électro-intensives, ou à la Réunion, territoire le plus peuplé.

Les *new-tech*

Les outre-mer, et cette édition l'illustre, sont des territoires favorables à l'éclosion de *start-up* et au développement des activités numériques. Ces entreprises étaient bien présentes au dernier salon Vivatech à Paris, comme au C.E.S. de Las Vegas. Un *call center* basique reste moins cher à l'île Maurice qu'à la Réunion, mais la lecture de radios médicales, à horaire décalé, se fait en Polynésie. La création, artistique, industrielle, de service est vivace. Le handicap lié à la distance est effacé, les talents locaux existent, avec quelques profils classiques et des parcours de type « École 42 ». Ce secteur est davantage demandeur d'infrastructures, de formation que de protection.

Je souhaite remercier tous les contributeurs à cette édition, hommes et femmes d'entreprises ou d'institutions, universitaires, chercheurs. Ils apportent leur compétence et leur expérience dans l'analyse d'un sujet jusqu'ici inédit dans *Les Annales des Mines*. Je me suis contenté de les solliciter pour illustrer différents secteurs, différentes problématiques, porter une analyse globale, ouvrir les perspectives de transformation. Ils s'expriment en toute liberté.

Des industries ultramarines contraintes, mais qui résistent

Panorama sur les industries des outre-mer

Par Aurélien GUILLOU et Bruno TERRIEN

Économistes-statisticiens à l'Institut d'émission des départements d'outre-mer (IEDOM) et à l'Institut d'émission d'outre-mer (IEOM)

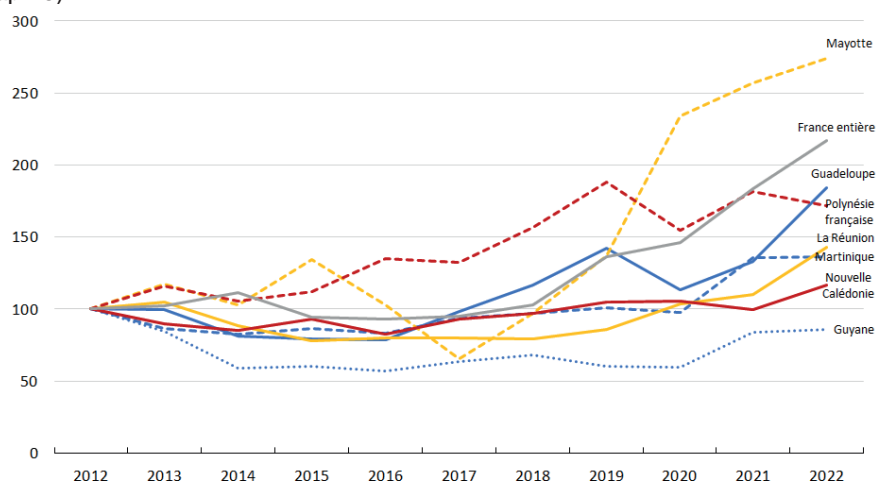
En dépit d'une démographie des entreprises industrielles moins dynamique qu'au plan national (avec des créations moins nombreuses et un poids dans l'ensemble des défaillances plus élevé), l'emploi industriel a bien résisté au cours des dix dernières années dans les outre-mer. Les secteurs employant le plus de personnes sont l'agroalimentaire, l'énergie-eau-gestion des déchets et la métallurgie. La valeur ajoutée a progressé au même rythme que dans l'Hexagone, mais surtout grâce à un effet de composition sectorielle favorable. Pour un secteur donné, le taux de croissance de la valeur ajoutée est souvent inférieur en outre-mer. Le retard en termes d'équipements explique en partie ce différentiel, qui pourrait se réduire dans les années à venir grâce au dynamisme du financement bancaire destiné aux secteurs industriels.

Quel est le poids de l'industrie dans les économies ultramarines ? Quels sont les secteurs industriels les plus représentés ? Quelles sont les spécificités de chaque territoire ? Trois approches complémentaires sont explorées pour répondre à ces questions : d'abord une analyse de la démographie des entreprises industrielles à partir des statistiques de créations et de défaillances, puis un examen de leurs statistiques d'emplois, et enfin, une analyse de leur valeur ajoutée et du financement bancaire dont elles ont bénéficié. Le périmètre couvert ici inclut les industries extractives, l'ensemble des industries manufacturières et les industries de l'énergie, de l'eau et de la gestion des déchets. La période d'analyse est restreinte aux dix dernières années 2012-2022, mais d'autres études sont disponibles pour les années antérieures sur certains territoires (cf. bibliographie).

Une démographie d'entreprises moins dynamique qu'au niveau national

Des créations d'entreprises industrielles moins nombreuses que la moyenne nationale

Depuis 2012, les créations d'entreprises industrielles dans les outre-mer ont progressé en moyenne de 3,7 % par an (cf. Graphique 1). Cette hausse est nettement plus marquée à Mayotte (+ 10,6 %), en Guadeloupe (+ 6,3 %) et en Polynésie française (+ 5,6 %). Les créations d'entreprises industrielles ont en revanche reculé en Guyane (- 1,5 % en moyenne par an). Au niveau national, la progression est plus dynamique sur les dix dernières années (+ 8,1 % en moyenne chaque année).



Graphique 1 : Évolution du nombre de créations d'entreprises industrielles, (base 100 en 2012) (Sources : Insee, Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).

En 2022, 2 527 créations d'entreprises sont enregistrées dans le secteur industriel dans l'outre-mer⁽¹⁾. Cela représente 5,8 % des créations totales d'entreprises (hors secteur non marchand, agriculture, sylviculture et pêche). Sur les dix dernières années, cette part dans les créations totales est en légère baisse puisqu'elle s'élevait à 6,2 % en 2012. Elle est cependant plus importante dans le Pacifique où les créations d'entreprises industrielles représentent 10,2 % du total en Nouvelle-Calédonie (soit plus que dans n'importe quelle région de l'Hexagone) et 8,0 % en Polynésie française en 2022 (cf. Graphique 2).

Au niveau national, les créations d'entreprises industrielles représentent 5,7 % des créations totales en 2022.

Un taux de défaillance plus élevé qu'au plan national

En 2022, 170 entreprises industrielles sont en situation de défaillance⁽²⁾ dans les outre-mer⁽³⁾, soit 10,2 % des défaillances totales enregistrées sur l'année dans ces territoires. Cette proportion est plus élevée dans les COM (Collectivités d'outre-mer) du Pacifique (11,2 %)

⁽¹⁾ Hors Saint-Pierre-et-Miquelon et Wallis-et-Futuna.

⁽²⁾ Cette notion recouvre les cas de redressement et de liquidation judiciaires.

⁽³⁾ Hors Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon et Wallis-et-Futuna.

que dans les DOM (Départements d'outre-mer) (9,7 %), et est nettement moins importante au niveau national où les défaillances d'entreprises industrielles ne représentent que 7,3 % des défaillances totales (cf. Graphique 3).

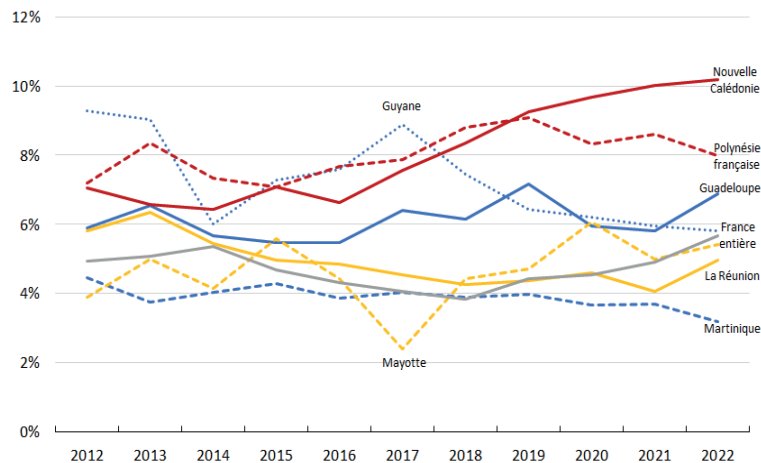
Sur les dix dernières années, le nombre d'entreprises industrielles en situation de défaillance a évolué de façon très divergente entre les DOM et les COM du Pacifique : si leur nombre a reculé de 32 % dans les DOM entre 2012 et 2022 (soit une évolution sensiblement identique à celle enregistrée au niveau national), il a progressé de 46 % dans les COM du Pacifique.

Un poids en emplois limité, plus faible qu'au plan national, mais qui ne décline pas

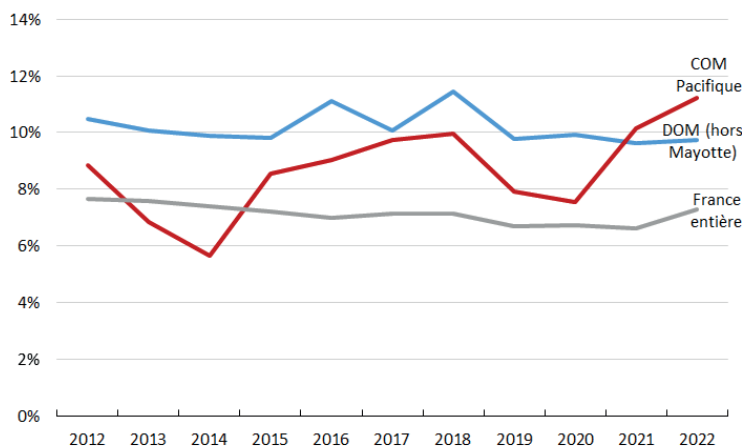
Près d'un emploi ultramarin sur huit dans l'industrie

En 2021, près de 61 000 personnes travaillent dans l'industrie ultramarine, soit 13 % du total des emplois⁽⁴⁾. Cette part est inférieure à celle de l'Hexagone (16 %), et

⁽⁴⁾ Hors administration publique et agriculture, sylviculture et pêche. Hors Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon et Wallis-et-Futuna.



Graphique 2 : Part des entreprises industrielles dans les créations totales d'entreprises, en % (Sources : Insee, Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).



Graphique 3 : Part des entreprises industrielles en situation de défaillance par rapport aux défaillances totales, en % (Sources : ledom-leom – bases FIBEN et EDEN).

plus encore à celle de l'Hexagone hors Île-de-France⁽⁵⁾ (19 %). Elle a été stable au cours des dix dernières années alors qu'elle a reculé de deux points dans l'Hexagone (cf. Graphique 4).

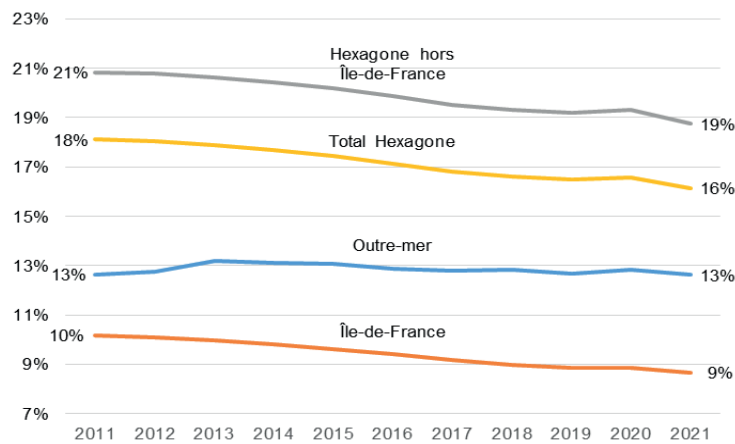
9 000 emplois créés dans l'industrie ultramarine au cours des dix dernières années

Cette résistance de la part de l'emploi industriel ultramarin reflète des créations nettes d'emplois sur les dix dernières années alors que de nombreuses régions hexagonales ont subi des réductions sur la même période. Le croisement de la part des emplois dans

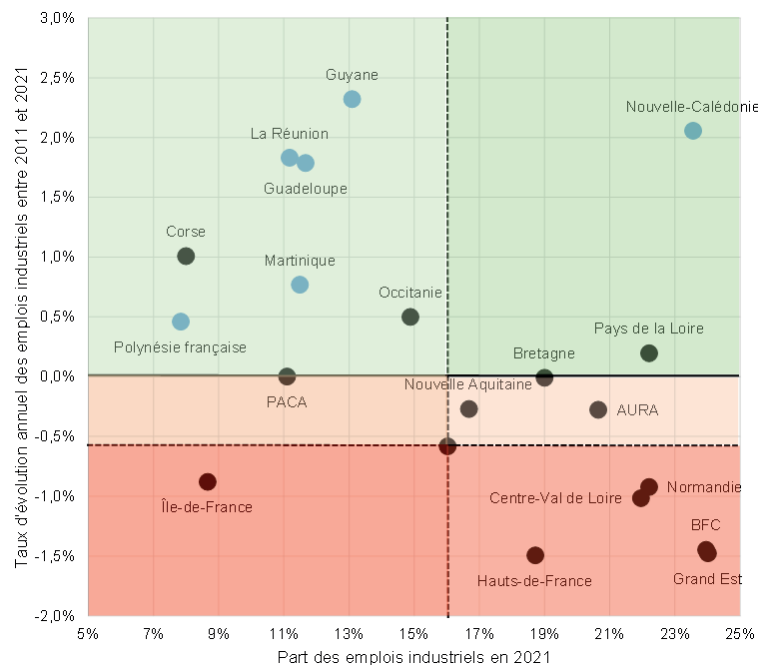
l'industrie en 2021 et de l'évolution moyenne annuelle du nombre d'emplois industriels entre 2011 et 2021 permet de définir six groupes distincts de territoires (cf. Graphique 5). Tous les territoires ultramarins ont créé des emplois industriels, même s'ils demeurent avec une part d'emploi industriel inférieure à la moyenne française (sauf la Nouvelle-Calédonie qui se distingue avec une part très élevée d'emplois industriels). La plupart des régions hexagonales ont perdu des emplois industriels, à l'exception des Pays de la Loire, de l'Occitanie et de la Corse, qui en ont gagné, et de la Bretagne et de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), où l'emploi industriel a été stable.

Entre 2011 et 2021, 9 000 emplois industriels ont été créés dans l'ensemble des outre-mer. Le secteur agro-alimentaire est le principal contributeur, avec à lui seul

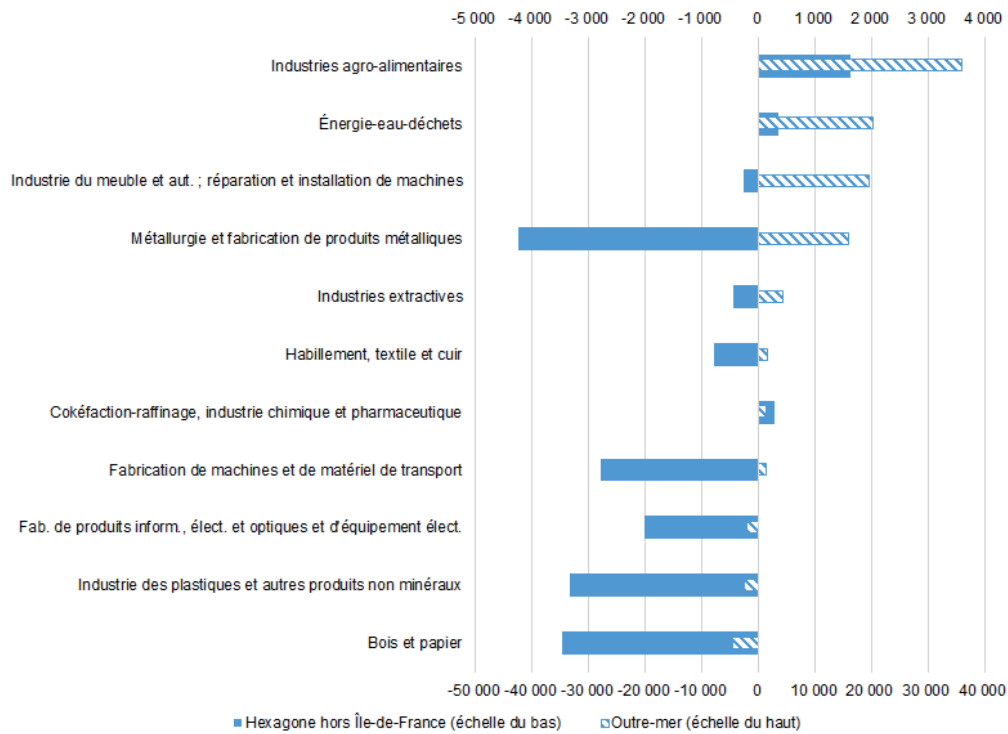
⁽⁵⁾ L'Île-de-France est distinguée dans la mesure où la présence d'emplois tertiaires y est très forte, la région regroupant de nombreux sièges sociaux et administratifs d'entreprises.



Graphique 4 : Évolution de la part des emplois dans l'industrie par rapport au total, en % (Sources : Insee (Estel), Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).



Graphique 5 : Typologie des différentes régions et territoires selon la part des emplois dans l'industrie, et de l'évolution du nombre d'emplois industriels depuis 2011 : à gauche du trait vertical pointillé se situent les territoires où la part des emplois industriels est inférieure à la moyenne de la France entière (16 % en 2021) et à droite, les territoires où cette part est supérieure à la moyenne. Les zones vertes (au-dessus de l'axe des abscisses) correspondent aux territoires où le nombre d'emplois industriels a augmenté entre 2011 et 2021. Les zones orangées (comprises entre l'axe des abscisses et le trait horizontal pointillé) regroupent les territoires où le nombre d'emplois industriels a baissé, mais moins que la moyenne nationale (- 0,6 % par an entre 2011 et 2021). Enfin, les territoires positionnés dans les zones rouges (en-dessous du trait horizontal pointillé) sont ceux où l'emploi industriel a reculé plus que la moyenne nationale (Sources : Insee (Estel), Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).



Graphique 6 : Évolutions de l'emploi salarié par secteur de l'industrie entre 2011 et 2021, en nombre (Sources : Insee (Estel), Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).

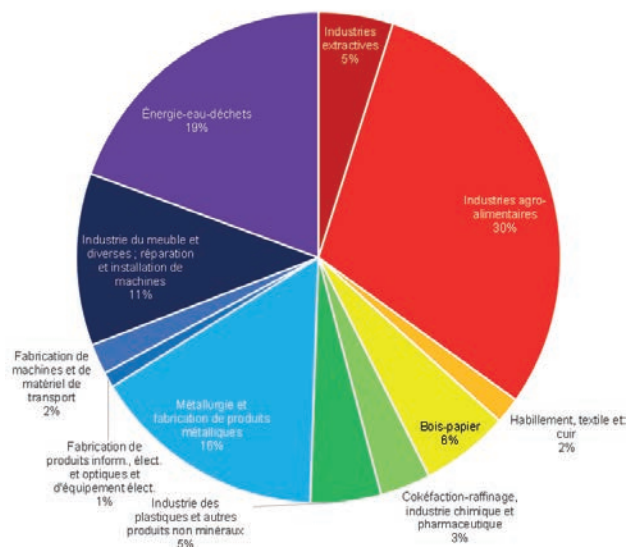
près de 3 600 créations (cf. Graphique 6). Il est suivi par la production et la distribution d'électricité, de gaz et d'eau (+ 2 000 emplois), et l'industrie du meuble et les autres industries (+ 2 000 postes également). La métallurgie vient ensuite (+ 1 600 emplois) alors qu'il s'agit du secteur avec le plus de destructions d'emplois dans l'Hexagone sur la même période (- 42 000 emplois).

À l'exception du bois-papier, de l'industrie des plastiques et de la fabrication de produits informatiques et électroniques, tous les secteurs industriels ont créé des emplois dans les outre-mer entre 2011 et 2021. Dans l'Hexagone (hors Île-de-France), les seuls secteurs industriels créateurs d'emplois sont l'agro-alimentaire (+ 16 000 salariés), l'énergie-eau-déchets (+ 3 500), et l'industrie chimique et pharmaceutique (+ 2 900).

Près de 50 % des emplois industriels ultramarins dans l'agroalimentaire et l'énergie, eau et gestion des déchets

En 2021, les industries agroalimentaires représentent 30 % du total des emplois industriels, soit douze points de plus que dans l'Hexagone hors Île-de-France (cf. Graphique 7). Le secteur de l'énergie, de l'eau et de la gestion des déchets vient ensuite avec 19 % des emplois (dix points de plus que dans l'Hexagone). La métallurgie et la fabrication de produits métalliques sont le troisième secteur industriel en termes d'emploi, avec 16 % des emplois industriels totaux.

À l'opposé, la fabrication de machines et matériels de transport ne représentent que 2 % des emplois industriels, soit quinze points de moins que l'Hexagone hors Île-de-France.



Graphique 7 : Répartition de l'emploi industriel par secteur en 2021, en % (Sources : Insee (Estel), Isee, Ispf – Calcul : ledom-leom).

Des différences notables dans les poids relatifs des différents secteurs industriels sont observées selon les territoires. Le poids de l'agroalimentaire est particulièrement important dans les Antilles, à La Réunion et en Polynésie française (entre 29 % et 38 % des emplois industriels) alors que le secteur ne représente qu'un emploi industriel sur six en Guyane et en Nouvelle-Calédonie (cf. Graphique 8).

La structure en emplois de la filière du nickel en Nouvelle-Calédonie est sensiblement atypique. La métallurgie représente 37 % des emplois industriels (soit plus du triple de ce qui est observé dans les bassins Atlantique et Indien), et les industries extractives 13 % (seule la Guyane se caractérise par un poids des industries extractives équivalent).

Une progression de la valeur ajoutée contrainte par le retard d'investissement

Une progression de la valeur ajoutée au cours des dix dernières années grâce à un effet sectoriel

Au cours des dix dernières années, la valeur ajoutée de l'industrie ultramarine⁽⁶⁾ croît à un rythme annuel moyen de 2,1 % soit un niveau équivalent à celui de l'industrie hexagonale (2,2 %)⁽⁷⁾.

⁽⁶⁾ Selon les derniers comptes définitifs publiés par l'Insee, l'Isee et l'Isfp, la valeur ajoutée de l'industrie ultramarine dépassait les 4,5 milliards d'euros à fin 2019, tous territoires confondus, soit 8,5 % du total. Le taux de couverture en termes de valeur ajoutée des données comptables produites par l'ledom et l'leom utilisées par la suite peut être estimé à 82 %.

⁽⁷⁾ Afin de neutraliser les variations de la valeur ajoutée liée à l'évolution du nombre d'entreprises, elles sont calculées exclusivement pour les entreprises présentes sur deux exercices successifs.

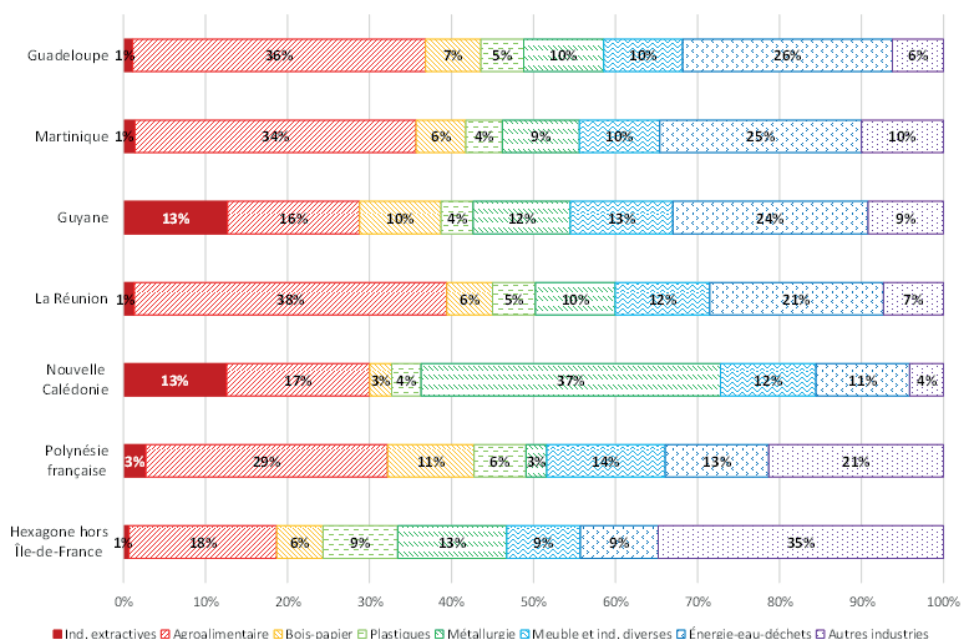
Cette croissance n'est pas homogène dans l'ensemble de l'outre-mer. Trois groupes de territoires peuvent être distingués (cf. Graphique 9, page suivante) :

- Le premier se caractérise par un taux de progression de la valeur ajoutée sensiblement plus élevé que celui de l'Hexagone. Il se compose de la Polynésie française (+ 3,2 %), de la Guyane (+ 3,0 %) et de La Réunion (+ 2,7 %).
- Le deuxième groupe, constitué de la Guadeloupe et de la Martinique, voit la valeur ajoutée de l'industrie augmenter à un taux légèrement inférieur à celui de l'Hexagone (+ 1,7 % pour la Guadeloupe et + 2,0 % pour la Martinique).
- Enfin, la Nouvelle-Calédonie se caractérise par une croissance de la valeur ajoutée industrielle limitée à + 1,0 % par an.

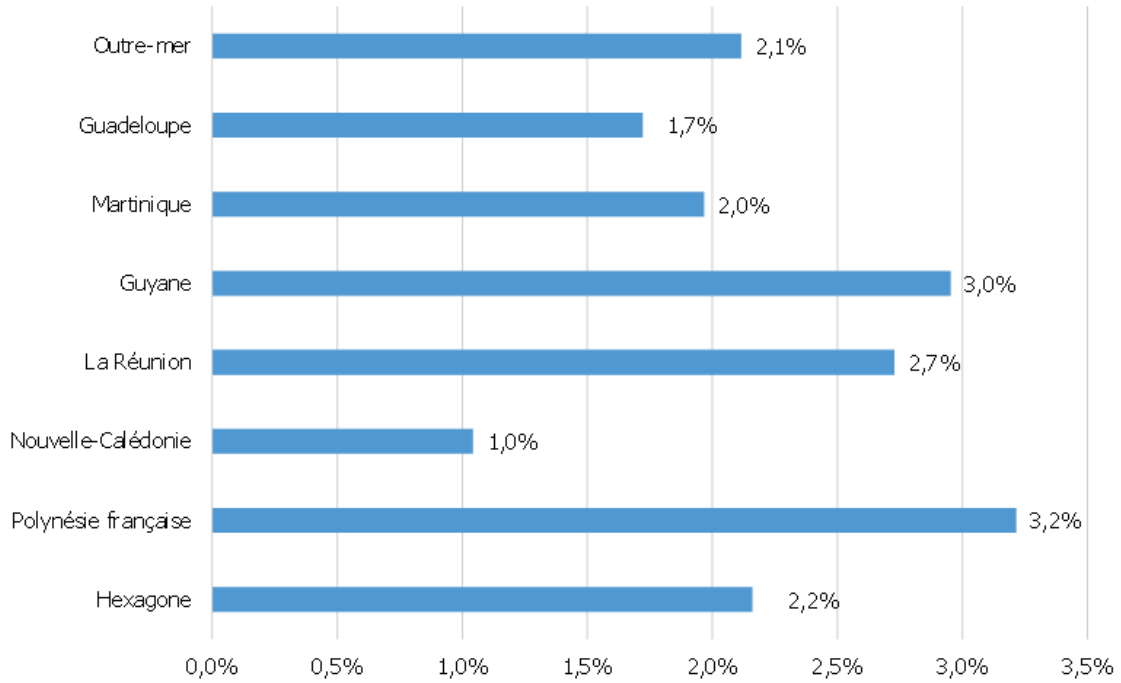
Deux phénomènes peuvent expliquer ces écarts entre les territoires ultramarins et l'Hexagone : le premier tient au fait que les taux de croissance de la valeur ajoutée sont, pour un secteur industriel donné, différents entre l'outre-mer et l'Hexagone. Le second met en avant les différences de composition sectorielle : la progression moins forte de la valeur ajoutée dans un territoire ultramarin peut être la résultante d'une spécialisation industrielle moins favorable, avec un poids des secteurs où la valeur ajoutée progresse peu, supérieur à celui de l'Hexagone.

La décomposition selon ces deux effets (cf. Graphique 10, page suivante) met en évidence que :

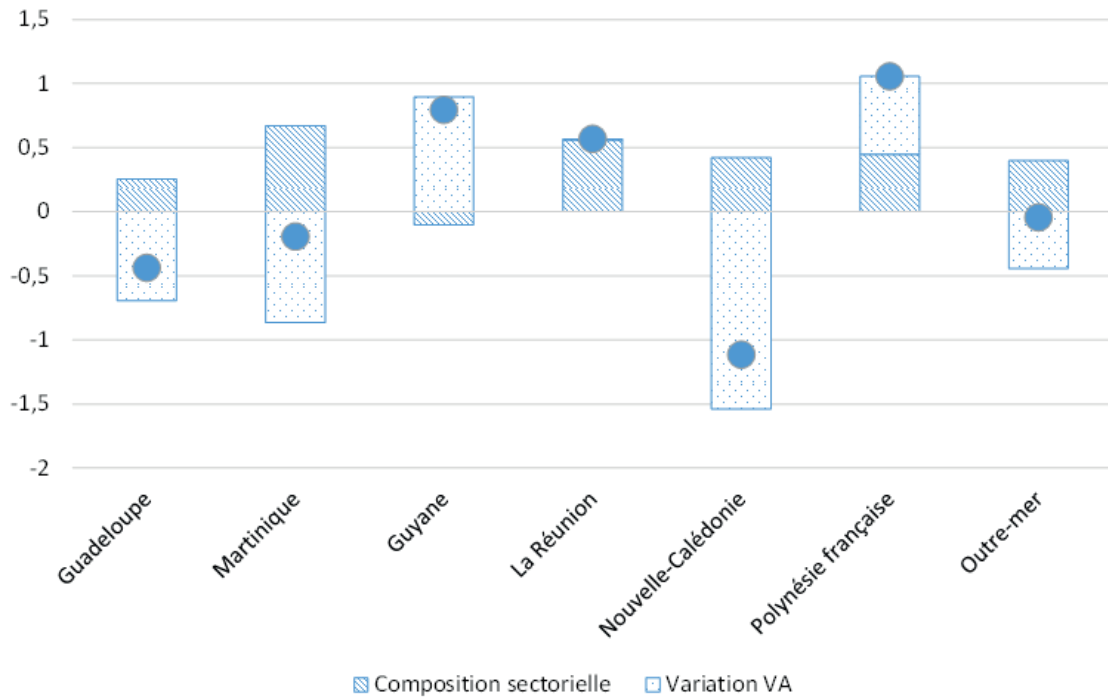
- La spécialisation industrielle des territoires ultramarins est généralement meilleure que celle de l'Hexagone, le poids des secteurs dont la valeur ajoutée progresse le plus au cours des dix dernières années étant supérieur dans les outre-mer à celui de l'Hexagone. Si les taux de croissance de la valeur ajoutée par secteur étaient identiques entre les



Graphique 8 : Répartition de l'emploi industriel par secteur et par territoire en 2021, en % (Sources : Insee (Estel), Isee, Isfp – Calcul : ledom-leom).



Graphique 9 : Taux de croissance annuel moyen de la valeur ajoutée de l'industrie par territoire au cours des dix dernières années, en % (Sources : Iedom, Banque de France (base Fiben), Ieom (base Eden))



Graphique 10 : Décomposition de l'écart entre les taux de croissance de la valeur ajoutée des territoires ultramarins et de l'Hexagone, en points de pourcentage (Sources : Iedom (base Fiben), Ieom (base Eden)).

outre-mer et l'Hexagone, la création de valeur industrielle progresserait plus fortement dans les outre-mer grâce à leur meilleure spécialisation. C'est d'ailleurs le cas de La Réunion où la progression plus rapide de la valeur ajoutée est due exclusivement à cet effet de composition sectorielle.

- Sur l'ensemble des outre-mer, le taux de croissance de la valeur ajoutée pour un secteur donné est inférieur à celui de l'Hexagone, venant ainsi compenser l'effet de meilleure spécialisation. C'est particulièrement le cas en Nouvelle-Calédonie, mais aussi en Martinique et en Guadeloupe. Seules la Polynésie française et surtout la Guyane se caractérisent par des taux de création de valeur supérieurs à ceux de l'Hexagone.

Retard d'investissement et évolution du financement bancaire

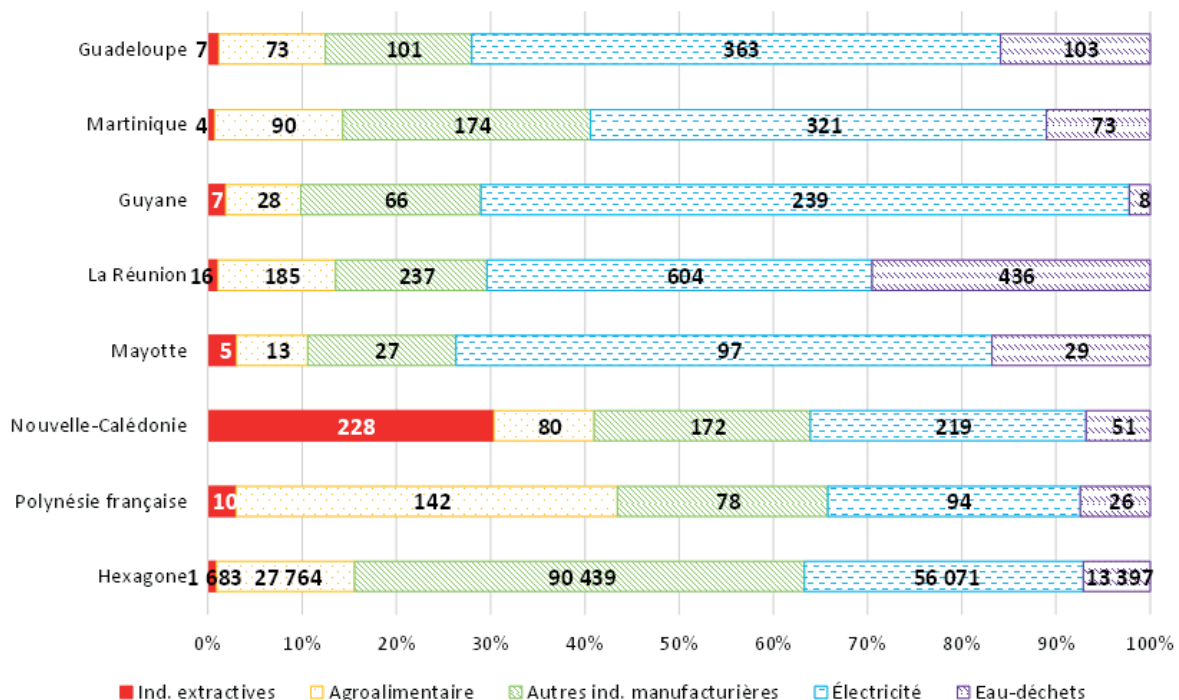
Comment expliquer que, pour un secteur donné, le taux de croissance de la valeur ajoutée ultramarine est souvent inférieur à celui de l'Hexagone ? Outre la dépendance aux importations, les coûts de transport, les contraintes climatiques ou l'inadéquation de la formation aux emplois recherchés, les industriels ultramarins sont confrontés à deux défis principaux. Le premier est lié à l'insularité et à l'éloignement géographique nécessitant la constitution de stocks plus importants que dans l'Hexagone, et se traduisant par des délais de paiement structurellement plus longs. Le second défi concerne le rattrapage de leur retard en termes d'équipements. Tous les secteurs industriels se caractérisent par un montant d'équipements par salarié inférieur à celui observé dans l'Hexagone. Rattraper le retard est d'autant plus nécessaire que l'on observe une forte corrélation entre l'écart sur l'équipement par salarié et celui sur le rendement net par salarié.

Pour répondre à ces besoins, l'encours bancaire à destination des secteurs industriels a nettement progressé depuis 2008 (+ 6,6 % par an en moyenne sur la période). La progression est plus rapide dans les bassins Atlantique et Indien (respectivement + 8,6 % et + 8,0 %) que dans le bassin Pacifique (+ 2,9 %), et est plus marquée en Guyane où l'encours a augmenté de 15,7 % par an en moyenne sur la période. Alors que seulement 5,6 % de l'encours bancaire total (secteurs marchands et non marchands) était destiné à l'industrie en 2008, cette part a atteint 9,0 % à fin 2021, pour s'établir à 4,4 milliards d'euros.

Au niveau national, l'encours bancaire à destination de l'industrie a progressé à un rythme moins soutenu (+ 2,1 % par an en moyenne entre 2008 et 2021), pour s'établir à 189 milliards d'euros à fin 2021.

D'un point de vue sectoriel, le secteur « Électricité, gaz, vapeur et air conditionné » concentre 44 % de l'encours de crédit à fin 2021, principalement lié à l'activité de production d'électricité. Viennent ensuite les industries manufacturières (33 % de l'encours), qui comprennent notamment l'agroalimentaire (14 %), l'eau, l'assainissement, la gestion des déchets et la dépollution (17 %), et les industries extractives (6 %).

Cette répartition globale masque des disparités importantes entre géographies (cf. Graphique 11) : en Nouvelle-Calédonie, 30 % de l'encours industriel est destiné aux industries extractives ; en Polynésie française, les industries agroalimentaires concentrent 41 % de l'encours alors qu'en Guyane, 69 % est destiné au secteur de l'électricité, du gaz, de la vapeur et de l'air conditionné. Au niveau national, les industries manufacturières concentrent 62 % de l'encours en 2021 (dont 15 % pour l'agroalimentaire), devant le secteur de l'électricité, gaz, vapeur et air conditionné, avec 30 % des crédits destinés à l'industrie.



Graphique 11 : Encours de crédits bancaires accordés aux entreprises industrielles à fin 2021, en millions d'euros (Sources : ledom (SCR), leom (SCR 2)).

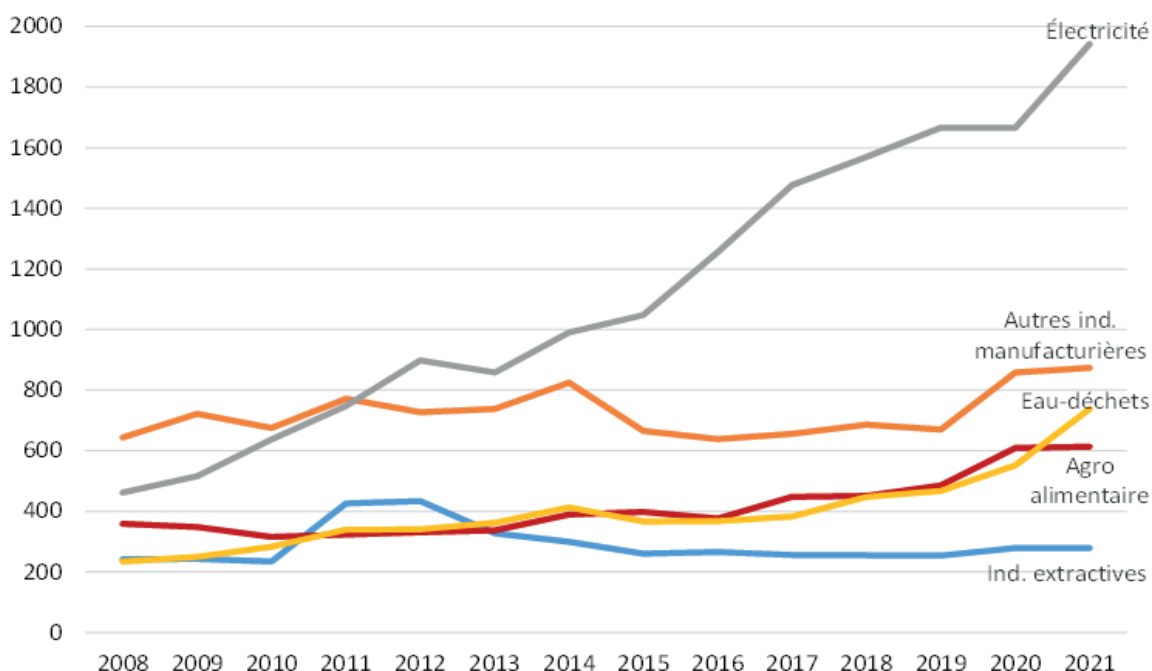
En termes d'évolution, c'est l'encours de crédit de ce dernier secteur (électricité, gaz, vapeur et air conditionné) qui a progressé le plus rapidement depuis 2008, avec un taux de croissance annuel moyen de 11,7 % tous territoires confondus (cf. Graphique 12). L'encours destiné au secteur de l'eau, assainissement et déchets a également progressé de façon dynamique sur la période (+ 9,2 % par an en moyenne).

Conclusion

En dépit d'une démographie des entreprises industrielles moins dynamique qu'au plan national (avec des créations moins nombreuses et un poids dans l'ensemble des défaillances plus élevé), l'emploi industriel a bien résisté au cours des dix dernières années dans les outre-mer. Les secteurs employant le plus de personnes sont l'agroalimentaire, l'énergie-eau-gestion des déchets et la métallurgie. La valeur ajoutée a progressé au même rythme que dans l'Hexagone, mais surtout grâce à un effet de composition sectorielle favorable. Pour un secteur donné, le taux de croissance de la valeur ajoutée est souvent inférieur en outre-mer. Le retard en termes d'équipements explique en partie ce différentiel, qui pourrait se réduire dans les années à venir grâce au dynamisme du financement bancaire destiné aux secteurs industriels.

Bibliographie

- BOË J. (2016), « Zoom sur trois industries à La Réunion », *Entreprises de 1 à 249 salariés en 2011 – Analyse comparée des entreprises réunionnaises et françaises*, Insee Dossier Réunion, n°3.
- DESMAZURES E. & MAPOU M. (2022), « L'économie calédonienne forte des retombées du nickel », *Le nickel en Nouvelle-Calédonie*, Isee Synthèse, n°56.
- DOURIAUD C., GARANDEAU C. & CHARRIER R. (2022), « L'impact de l'activité spatiale dans l'économie guyanaise en 2019 », *Insee Dossier Guyane*, n°11.
- DRIRE RÉUNION & INSEE (2007), « L'industrie à La Réunion », *Économie de La Réunion*, n°130.
- DRIRE ANTILLES-GUYANE & INSEE GUADELOUPE (2010), *L'industrie en Guadeloupe : un secteur face à ses défis*.
- IEDOM LA RÉUNION (2016), « La filière canne-sucre face à la libéralisation du marché européen du sucre en 2017 », *Note expresse*, n°421.
- IEDOM GUYANE (2006), « Le secteur aurifère en Guyane », *Note expresse*, n°38.
- IEDOM PARIS (2019), « L'économie verte dans les outre-mer », *Études thématiques*, n°554.
- IEOM NOUVELLE-CALÉDONIE (2006), « L'extraction de minerais de métaux non ferreux en Nouvelle-Calédonie », *Étude sectorielle de l'Institut*.
- IEOM POLYNÉSIE FRANÇAISE (2008), « L'industrie du monoï en Polynésie française », *Note expresse*, n°3.
- IEOM POLYNÉSIE FRANÇAISE (2007), « Les industries agroalimentaires en Polynésie française », *Note de l'Institut d'émission*.
- INSEE (2014), « Les industries agroalimentaires antillaises : des profils régionaux variés, des rentabilités contrastées », *Antianéchos de Martinique*, n°45.
- ISPF (2008), « Enquête annuelle d'entreprise du secteur industriel : premiers résultats », *Points forts de la Polynésie française*, n°7.



Graphique 12 : Évolution des encours de crédits industriels dans les outre-mer, en millions d'euros (Sources : ledom (SCR), leom (SCR 2)).

Le développement industriel réunionnais : état des lieux, menaces et perspectives

Par Jean-François HOARAU

Professeur de sciences économiques à l'Université de La Réunion
et membre du Centre d'Économie et de Management de l'Océan Indien (CEMOI)

La structure de l'industrie réunionnaise contemporaine est le résultat direct de la collision ancienne entre le modèle colonial d'économie de plantation, caractérisé par la domination de la filière canne-sucre-rhum, et le modèle moderne de la départementalisation, reposant sur la rente administrative, la montée en puissance du pouvoir d'achat de la population locale et la volonté (certes tardive) de diversifier l'industrie dans le cadre d'une logique d'import-substitution. Compte tenu des nombreuses entraves associées à un environnement insulaire tropical, le constat est celui d'une certaine réussite avec un tissu économique qui s'industrialise (même si la part de l'industrie reste modeste), faisant reculer significativement la dépendance réunionnaise aux importations. L'avenir de l'industrie réunionnaise est prometteur avec des défis de taille à relever, comme la consolidation de sa compétitivité, son internationalisation ou encore sa contribution à la souveraineté alimentaire et énergétique de l'île dans le cadre d'un modèle nécessairement plus circulaire.

Le choix historique de l'industrie sucrière

De l'économie de plantation...

L'histoire de l'industrie réunionnaise débute avec la fin des guerres napoléoniennes en 1815. Après la perte de Saint-Domingue et de l'Île de France (nouvellement Maurice), la production betteravière ne permet pas à la France de satisfaire ses besoins en sucre. Aussi, la mission sera donnée à l'économie réunionnaise de se spécialiser dans la filière canne-sucre-rhum, à des fins d'exportation à destination du continent européen (Rochoux, 1987). Avec le sucre, elle devient une vraie économie de plantation, s'articulant autour des trois secteurs caractéristiques : le secteur de plantation (secteur agricole de la canne et secteur industriel de transformation du sucre), le secteur commercial de l'import-export qui permet les échanges entre le territoire et la métropole, et le secteur domestique ou traditionnel tourné vers un marché local étroit et composé de petits commerces et de petites entreprises agricoles et artisanales. Dans ce cadre général, les échanges avec l'extérieur sont façonnés par les mécanismes institutionnels du « pacte colonial », lequel va laisser des traces indélébiles dans la structure productive et d'exportation de l'économie insulaire (Hoarau, 2021). C'est d'abord le système de la double exclusivité : produire et exporter vers la métropole (et uniquement vers la métropole) les matières premières

indispensables au fonctionnement des industries et / ou recherchées par les consommateurs du continent, et servir de débouchés « privilégiés » pour les produits manufacturés métropolitains (interdiction de produire et de se fournir ailleurs). C'est aussi le privilège du pavillon, en l'occurrence le monopole français sur le transport maritime. Ce mode d'organisation des échanges ne pouvait que conduire au blocage de toute possibilité d'émergence d'un secteur industriel (hors sucre), et à condamner la colonie à errer selon les humeurs du marché européen et des conditions environnementales et sanitaires.

... à la départementalisation

Cette logique de « l'exclusivité » ne disparaît pas avec la fin de la colonisation en 1946. Sous l'influence économique et politique des grands propriétaires terriens, le modèle de développement instauré par la départementalisation maintient le choix de la spécialisation sucrière⁽¹⁾, enfermant durablement La Réunion dans un système de commerce basé sur la dépendance :

- à un partenaire lointain à savoir la France hexagonale (et plus généralement l'Europe) au détriment de la coopération et de l'intégration régionales ;

⁽¹⁾ À l'image des politiques de subventions françaises et européennes bénéficiant pendant longtemps à la canne et au sucre, et bloquant toutes incitations à la diversification. L'Union européenne a récemment changé de stratégie concernant la filière, mais l'État français continue à assurer le relais.

- aux exportations d'un produit agricole tropical peu rémunérateur, le sucre (et son dérivé le rhum) ;
- aux importations de produits manufacturés et de biens alimentaires en bloquant toutes perspectives pour le développement industriel local hors industrie sucrière ;
- et à un secteur de l'import-distribution puissant et très concentré, détenu majoritairement par la grande bourgeoisie locale.

Cette dépendance excessive aux importations est amplifiée par l'autre volet du modèle de la départementalisation. En effet, le choix d'un développement par la rente administrative, les transferts publics et le rattrapage social va entraîner une amélioration rapide du niveau de vie de la population locale, s'accompagnant naturellement d'une hausse importante de la consommation domestique (Rochoux, 2016). L'appareil productif local (hors sucre) étant historiquement bloqué, ce surplus de demande intérieure ne peut être satisfait que par une explosion des importations. Sans surprise, cette organisation du commerce va largement profiter à l'import-distribution, héritière du secteur d'import-export du modèle colonial, maintenant en quelque sorte le département français dans une logique d'économie de « comptoir ».

La mise en œuvre d'une stratégie d'import-substitution au début des années 1980

Un environnement local peu favorable au développement industriel, dû à de nombreux handicaps structurels...

Il faudra attendre le début des années 1980, et l'instauration d'une industrie légère dans une logique d'import-substitution, pour que cette dépendance aux importations soit atténuée. En effet, l'explosion du chômage, poussée par une démographie galopante et l'impossibilité pour le secteur public d'absorber une main-d'œuvre peu qualifiée, rend indispensable l'émergence d'un tissu économique dynamique et plus diversifié. Mais, très tôt, les acteurs économiques et politiques locaux vont être confrontés à une difficulté majeure. Les causes du sous-développement de l'industrie réunionnaise ne sont pas qu'historiques, et relèvent également (et surtout) d'une situation de vulnérabilité économique et environnementale structurelle forte, provoquée par la présence d'un grand nombre de handicaps structurels (Hoarau, 2021). À côté de l'héritage historique, l'on retrouve les conditions géographiques (petite superficie, éloignement, isolement, discontinuité, écosystèmes fragiles, surexposition aux conséquences physiques du changement climatique, dépendance excessive aux transports maritimes), la situation sociale (intensité faible et volatilité du capital humain, instabilité du marché du travail, défaut d'appariement dans la double dimension des compétences et spatiale), la structure économique (défauts d'économies d'échelle, marchés locaux limités, manque de diversification des

activités économiques, prévalence de monopole naturel et de structures oligopolistiques, coûts élevés). Ces derniers induisent à des coûts cachés et à des défauts de productivité du travail, propres au contexte ultramarin, qui finissent par créer un désavantage significatif en termes de compétitivité-coût / prix et hors-prix pour les entreprises locales à tous les niveaux de la chaîne, fragilisant la création de valeur à plus long terme.

... d'où la nécessité de mettre en place des dispositifs de compensation

La reconnaissance de ces contraintes structurelles, notamment par l'Union européenne *via* le statut de région ultrapériphérique (Vestris, 2018), a donné lieu à l'instauration de mesures spécifiques en faveur des entreprises réunionnaises, profitant en particulier au secteur industriel (ADIR, 2016 ; IEDOM, 2020). Globalement, celles-ci peuvent être regroupées en deux catégories, à savoir les soutiens à l'investissement productif (abattement fiscal et défiscalisation, Fonds européen de développement régional ou FEDER, fonds d'investissement de proximité outre-mer) et les aides agissant sur le compte d'exploitation (les exonérations de cotisations patronales de sécurité sociale, les mesures de soutien au transport / fret, la prime à l'emploi et le contrat d'accès à l'emploi, l'aménagement de zones d'activités et de zones stratégiques, la déductibilité de la TVA sur certains produits exonérés, l'octroi de mer). Il n'y a guère de doutes sur l'efficacité de ces mesures pour l'industrie locale. Notamment, les charges sociales de personnel et les taux d'imposition sur la production (rapportés au chiffre d'affaires) plus faibles compensent en grande partie les écarts constatés sur le poids des consommations intermédiaires et sur le taux de valeur ajoutée dans le chiffre d'affaires (Dreyer et Savoye, 2013). L'octroi de mer est associé à des gains de croissance économique, de création d'emplois et distribution locale de revenus, en dépit d'un effet inflationniste (Croissant *et al.*, 2019).

La situation actuelle, une réussite certaine en dépit d'une contribution encore faible en termes de valeur ajoutée

Un territoire « en voie d'industrialisation » malgré un poids relativement modeste

De manière incontestable, le constat est celui d'un succès réel de la stratégie d'import-substitution même si la dynamique du secteur semble s'essouffler sur la période très récente (Rochoux, 2016). La production locale atteint aujourd'hui une part de marché interne de près de 80 %, et a permis de réduire significativement la dépendance par rapport aux importations : le taux d'importation par rapport au PIB était de 50 % au début des années 1980 contre environ 30 % en 2019. Cet essor s'explique par un contexte économique devenu plus favorable, avec la montée en puissance des dispositifs de compensation évoqués plus haut et

l'élargissement du marché domestique (effet démographique et effet revenu lié aux transferts publics) en dépit d'un environnement économique et social structurellement contraignant. De plus, même si le poids de son industrie (en termes d'effectifs salariés et de valeur ajoutée) est moindre qu'en métropole, l'économie ultramarine n'est pas soumise au phénomène de désindustrialisation qui frappe l'Hexagone depuis plusieurs décennies, avec des réductions notables d'effectifs salariés et du nombre d'entreprises (voir les Figures 1 et 2 ci-après). La baisse de la contribution relative de l'industrie à la valeur ajoutée totale observée depuis 2008 est principalement le fruit du déclin du secteur traditionnel du sucre et de la montée en puissance rapide du secteur des services. Toutefois, contrairement à la métropole, la part de l'industrie réunionnaise dans la valeur ajoutée totale se maintient depuis 2013 (aux alentours de 6,3 % pour l'ensemble de l'industrie, et de 4,6 % pour la partie hors industries extractives, énergie, eau, gestion des déchets et dépollution).

En matière d'emploi, l'industrie réunionnaise continue de progresser, en rupture avec la tendance nationale, avec un facteur multiplicatif de 1,2 sur les vingt dernières années.

Un secteur industriel qui se diversifie avec des retombées importantes sur l'économie locale

Le modèle industriel réunionnais a été pensé dès le début comme une industrie légère de transformation tournée principalement vers les ménages domestiques et le secteur du BTP dans une logique pure d'import-substitution : il est donc très peu orienté vers l'industrie lourde⁽²⁾ (Insee, 2007). Il reproduit les

⁽²⁾ Les secteurs liés à la production ou la transformation de matières premières comme les mines, la métallurgie et la chimie sont sous-représentés par rapport à la métropole. Les activités de constructions navales, aéronautiques et ferroviaires sont quasi absentes du paysage réunionnais.

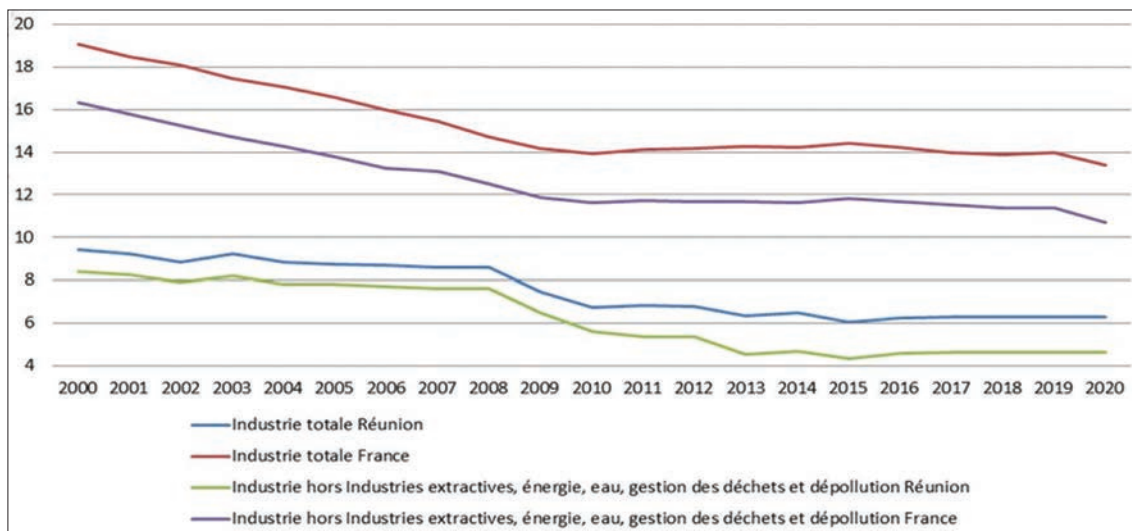


Figure 1. Part de l'industrie dans la valeur ajoutée totale (en %), 2000-2020 (Source : Auteur à partir de l'Insee, valeurs ajoutées régionales de 2000 à 2020).

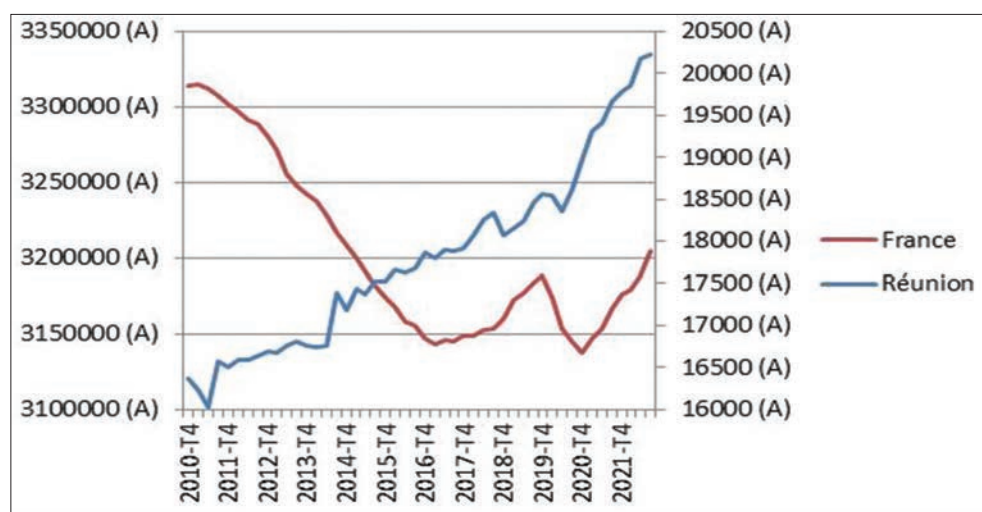


Figure 2. Évolution des effectifs salariés dans l'industrie, 2010-2022 (Source : Auteur à partir de l'Insee, estimations d'emplois salariés par secteur d'activité régions et départements).

faiblesses imposées par son environnement économique marqué par une forte vulnérabilité structurelle, à savoir un faible développement de la R&D et d'activités de pointe, une taille des entreprises généralement petite, et une structure des emplois révélant un déficit de cadres et une surreprésentation des employés et ouvriers. Néanmoins, il apparaît relativement diversifié pour une petite économie insulaire avec une structuration reposant, par ordre décroissant de contribution à la valeur ajoutée du secteur en 2018, sur les industries agroalimentaires⁽³⁾ (31,3 %), les composants du bâtiment⁽⁴⁾ (25,6 %), l'énergie et l'environnement (24,4 %), les équipements et fournitures⁽⁵⁾ (12,2 %), les industries de biens de consommation⁽⁶⁾ (6,12 %), accompagnée par l'émergence, certes encore marginale, des services aux entreprises (0,4 %). Il exerce également des effets d'entraînement significatifs sur le reste de l'économie, à travers notamment l'importance de ses consommations intermédiaires (biens et services) qui génèrent de l'activité, des revenus et de l'emploi en amont, et son impact sensible sur la distribution salariale avec un pourcentage de la rémunération

des salariés dans la valeur ajoutée particulièrement élevé aux alentours de 65 % (Insee, 2011). Les retombées directes (6,3 % de la valeur ajoutée globale en 2018 et 6,7 % des emplois totaux en 2021) doivent donc être complétées par les retombées induites et indirectes sur l'ensemble de l'économie (voir la Figure 3). Si l'on intègre la propagation des effets de l'activité industrielle le long de la chaîne de fournisseurs (impacts indirects), les effets de la consommation liée aux salaires versés et ceux de la dépense publique liée aux impôts et taxes acquittés par ces acteurs économiques (impacts induits), le poids de l'industrie locale est notable (près de 15 % au PIB territorial et de 20,6 % à l'emploi total) et ses effets d'entraînement significatifs (des coefficients multiplicateurs de 2,5 pour la richesse générée, et de 2,4 pour les emplois soutenus).

Des défis majeurs à relever dans le futur

La nécessité de consolider les outils de compensation des handicaps structurels

Le premier enjeu majeur pour l'industrie réunionnaise est de défendre sa compétitivité dans un contexte marqué par des contraintes structurelles fortes et permanentes. L'instauration d'un arsenal d'aides publiques (nationales et européennes), déjà évoqué, en faveur de La Réunion, pour combattre les surcoûts de production, n'a pas permis d'atténuer certaines différences inhérentes au contexte ultrapériphérique, telles que l'orientation commerciale plus marquée de l'activité, la plus petite taille des entreprises, et les

⁽³⁾ Sucre, boissons, viandes, boulangeries-pâtisseries, travail du grain, fabrication alimentaire diverse.

⁽⁴⁾ Fabrication de verres-produits céramiques-matériaux de construction, industries extractives hors sels, papier-carton-plastique, récupération, sidérurgie-fonderie-métaux non ferreux.

⁽⁵⁾ Chaudronnerie, fabrication d'appareils d'émission, industrie automobile-construction navale, machines et équipements professionnels.

⁽⁶⁾ Imprimerie-édition-reproduction, pharmacie-chimie-parachimie, textile, habillement-cuir, équipements du foyer (meubles, articles de musique, sport...).

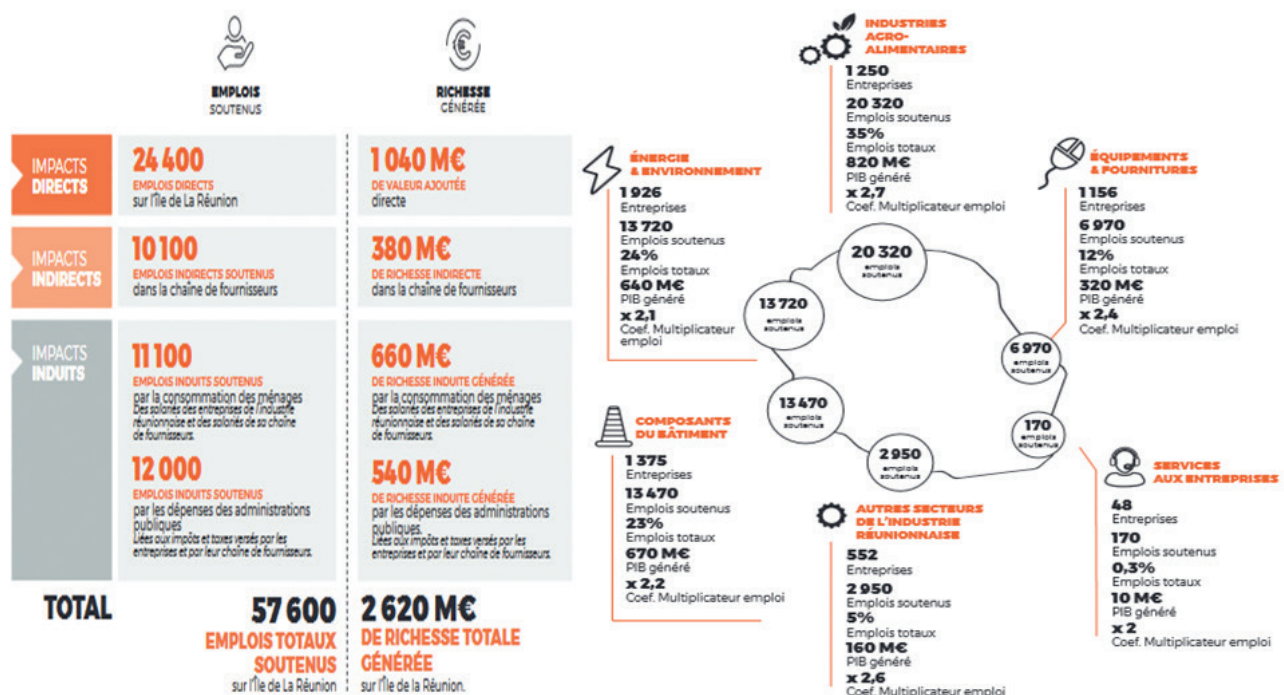


Figure 3. Empreinte socio-économique de l'industrie réunionnaise en 2018 (Source : ADIR, 2021).

niveaux d'équipement et de valeur ajoutée par salarié plus faibles (Dreyer et Savoye, 2013). Ces aides ne « surcompensent » pas, loin de là, tous les handicaps que les entreprises subissent les obligeant par conséquent à être soutenues. Or, sur la période récente, conformément à la logique d'austérité suivie par les autorités nationales et européennes, le volume de ces aides a plutôt tendance à diminuer⁽⁷⁾, alors que les surcoûts, eux, persistent, voire augmentent (ADIR, 2016). Cette initiative doit également s'accompagner d'une stratégie de mutualisation des ressources, conçue comme un facteur de compétitivité et non plus comme une entraide ponctuelle, à l'image de l'action « réussie » sur le fret maritime pilotée par l'ADIR⁽⁸⁾. Au-delà du fret, la mutualisation doit concerner le stockage et l'achat d'intrants, la gestion des ressources humaines, les fonctions QSE (qualité, sécurité, environnement) et le partage des équipements sous-utilisés. Les récentes propositions faites par l'ADIR, à savoir la création d'une plateforme collaborative, pour renforcer la connaissance et la collaboration entre les industries, et d'une zone franche internationale, intégrant un axe sur le développement de nouvelles capacités de stockage mutualisées pour les matières premières et les intrants industriels, vont dans ce sens (ADIR, 2017). Enfin, l'« industrie 4.0 » peut apporter des solutions au souci d'adaptation de l'offre à la demande dans un environnement dénué de possibilités d'économie d'échelle (OTI, 2022). L'industrie réunionnaise a beaucoup à gagner à épouser la dynamique de la transition numérique de l'outil de production (digitalisation, robotisation, cobotisation, intelligence artificielle, impression 3D...), pour diminuer les coûts tout en intégrant l'exigence de plus en plus forte de la clientèle locale d'une personnalisation des produits.

Le défi majeur de l'internationalisation

L'économie de La Réunion figure parmi les régions françaises les moins tournées vers l'internationalisation (OCDE, 2021). Ce constat s'applique pleinement au secteur industriel. Dans le domaine des exportations, seulement 27 % des entreprises industrielles de plus de 10 salariés exportent, pour un montant total de 278,5 millions d'euros soit à peine 1,5 % du PIB territorial. De plus, ces exportations sont largement dominées par le sucre, le rhum et la pêche à hauteur de 62,5 % de l'ensemble (IEDOM, 2022). L'activité en termes d'investissements directs étrangers sortants, c'est-à-dire de prise de participation dans des entreprises extérieures à l'île ou l'implantation d'établissements, est à peine perceptible (Insee, 2019). L'enjeu

de l'ouverture est donc de la première importance. D'abord, la quête de niches d'exportations de produits ou de savoir-faire au niveau international doit être une priorité. Le développement d'une industrie agro-alimentaire de haute qualité, tournée vers les petits marchés touristiques régionaux « de luxe » (Hoarau, 2021), ou une structuration de la filière de la construction durable en milieu tropical tournée vers l'international (ADIR, 2017), pourraient être des pistes intéressantes. La création d'une zone franche douanière, fiscale et sociale de développement international, favorisant les activités de transformation et de réexportation de produits à partir d'intrants importés, participerait également à construire l'attractivité de l'île et à encourager l'implantation de nouvelles activités industrielles (ADIR, 2017). Enfin, la création d'un fonds d'investissement régional pour financer les projets de *joint-venture* dans la zone océan Indien pourrait encourager les entreprises réunionnaises à conquérir de nouveaux marchés par l'investissement direct international, notamment sur des sujets globaux comme la sécurité alimentaire et énergétique, la gestion des déchets, ou encore la résilience au changement climatique.

Des segments de l'import-substitution à développer selon le principe de souveraineté

Avec le phénomène de plus en plus pressant du changement climatique, la crise du Covid-19 et le conflit russo-ukrainien, la question de l'autonomie stratégique des territoires, notamment en termes d'approvisionnements, de chaînes logistiques et de stocks de précaution, est devenue fondamentale, faisant émerger un nouveau concept étroitement lié à l'import-substitution, celui de souveraineté. Pour La Réunion, celle-ci relève principalement des domaines de l'alimentation, de la transition énergétique, et de la gestion et de la valorisation des déchets. En premier lieu, des marges de progression significatives sur les marchés locaux (ménages et restauration collective) existent encore pour l'industrie agroalimentaire, notamment pour les filières animales, des fruits et légumes, et de la pêche. Cette dynamique est bien évidemment conditionnée par la construction d'une démarche de production et de consommation responsables autour des principes de proximité, de transparence, de qualité et de solidarité⁽⁹⁾. En second lieu, en conformité avec l'ambition d'autonomie énergétique, les perspectives en matière de production d'énergie renouvelable à base de ressources locales (biomasse, mer, éolien, solaire, bagasse...) sont réelles. En particulier, il existe un fort potentiel en énergie marine avec plusieurs projets d'expérimentation et de mises en production en cours ou à venir (la climatisation marine, l'énergie thermique des mers et la production de biocarburant à base de micro algues) et en énergie solaire thermique avec la nécessaire articulation entre le développement futur des véhicules électriques et le photovoltaïque (ADIR,

⁽⁷⁾ La suppression de la TVA non récupérable, la diminution de la subvention au fret, la bascule du CICE en exonérations de charges sociales non intégralement compensées, la réduction du plafond d'abattement DOM pour l'impôt sur le revenu, et les menaces récurrentes sur le dispositif de l'octroi de mer et du Fonds européen agricole pour le développement rural [FEADER].

⁽⁸⁾ L'ADIR, ou Association pour le développement industriel de La Réunion, a noué un partenariat avec le transporteur MAERSK portant sur la mutualisation des chargements maritimes afin d'obtenir des tarifs préférentiels fixes sur douze mois. Ce dispositif a permis de limiter l'effet de l'explosion des prix du fret depuis 2021 (ADIR, 2020).

⁽⁹⁾ À ce titre, la marque collective Nou La Fé est un outil prometteur s'il est capable à l'avenir de dépasser les seules valeurs de l'identification du lieu de production et de transformation, pour intégrer celles d'une industrie écologiquement et socialement responsable.

2017). Un dernier levier de souveraineté réside dans le positionnement de l'industrie dans le système vertueux de l'économie circulaire, en passant de la logique de gestion des déchets à une logique industrielle d'intrants valorisables dans le cadre d'une écologie industrielle territorialisée (Brulot *et al.*, 2017). Dans ce domaine, les marges de progression sont grandes si l'on considère que l'île exporte chaque année plus de 30 millions d'euros de déchets (Insee, 2022). À cet égard, après avoir au préalable identifié et caractérisé les gisements de déchets selon leur provenance, il convient de soutenir la production, la caractérisation et l'usage de matériaux biosourcés ou provenant de l'économie circulaire. De manière plus générale, c'est tout le secteur industriel qui doit se réorganiser pour convertir les déchets des uns en matières premières valorisables par les autres.

Pour conclure

Cette réflexion sur l'état et les défis de l'industrie réunionnaise fait ressortir un aspect crucial quant à son épanouissement futur. Quel que soit le domaine considéré (niches d'exportation, internationalisation des entreprises, autonomie énergétique et alimentaire, gestion et valorisation des déchets, adaptation au changement climatique...), son développement passera en grande partie par le processus de coopération régionale. Ce premier constat en appelle un autre, celui de l'inéquation du cadre juridique actuel dans ce domaine. En clair, pour permettre à La Réunion de participer activement et efficacement au processus de régionalisation, un transfert réel des compétences en matière de coopération internationale décentralisée et de « diplomatie territoriale » paraît indispensable (Dormoy, 2020). Se pose alors la question « épineuse » de l'autonomie institutionnelle.

Références

- ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL DE LA RÉUNION [ADIR] (2016), Rapport d'activités 2016, pp. 1-32.
- ADIR (2017), Plan Réunionnais pour l'Industrie, 69 p.
- ADIR (2021), « Pour de nouvelles perspectives économiques », Rapport annuel 2020, 25 p.
- ADIR (2022), Empreinte socio-économique de l'industrie réunionnaise, 2 p.
- BRULLOT S., JUNQUA G. & ZUINDEAU B. (2017), « Écologie industrielle et territoriale à l'heure de la transition écologique et sociale de l'économie », *Revue d'Économie régionale & urbaine*, n°5, décembre, pp. 771-796.
- CROISSANT Y., HERMET F., GARABEDIAN S. & MEHOUMOD ISSOP Z. (2019), « Fragmentation mondiale de la production et différenciation de la demande dans un MEGC : proposition méthodologique », *Revue Économique*, 71(4), pp. 597-621.
- DREYER A. & SAVOYE B. (2013), « Une analyse comparative des entreprises des DOM et de la métropole », *Économie et Statistique*, 462-463, pp. 99-123.
- DORMOY D. (2020), « La participation des outre-mer français aux organisations internationales régionales », *Cahiers de Recherches de l'océan Indien*, 06, Université de La Réunion, pp. 131-149.
- HOARAU J.-F. (2021), « La "vie chère" comme une manifestation de la vulnérabilité structurelle des départements et régions d'outre-mer français : entre faits stylisés et enseignements de la littérature académique », *Géographie, économie, société*, 23(3), pp. 303-339.
- INSTITUT D'ÉMISSION DES DÉPARTEMENTS D'OUTRE-MER [IEDOM] (2020), La Réunion : Rapport annuel 2019, juillet, 208 p.
- IEDOM, (2022). La Réunion : Rapport annuel 2021, juillet, 198 p.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES [INSEE] (2007), « L'industrie à La Réunion », *Économie de La Réunion*, numéro spécial, 130, 55 p., octobre.
- INSEE (2011), Tableau économique de La Réunion, 178 p.
- OBSERVATOIRE DES TERRITOIRES D'INDUSTRIE [OTI] (2022), L'industrie dans les régions et départements d'outre-mer, 25^e séminaire, La Fabrique de l'Industrie, 14 p.
- OCDE (2021), « Les Régions dans la mondialisation. Une approche originale de l'internationalisation des régions et son application au cas français », *OECD regional development papers*, 83 p.
- ROCHOUX J.Y. (1987), « Du sucre aux services ou du développement économique à La Réunion ! », *Actes du colloque Iles tropicales : insularités, « insularisme »*, Bordeaux-Talence, 23 au 25 octobre 1986, 8, pp. 261-272, https://www.persee.fr/issue/ilarc_0758-864x_1987_act_8_1
- ROCHOUX J.Y. (2016), « La Réunion, une économie en transition », *La lettre du CEMOI*, 6, 2^e trimestre, pp. 1-5.
- VESTRIS I. (2018), « La prise en compte de l'outre-mer du traité CEE de Rome à nos jours », *Revue québécoise de droit international*, hors-série, novembre, pp. 337-357.

La décarbonation, une chance pour les outre-mer

Par **Matthieu BERGOT**

Fondateur de Tabga, Conseil en stratégie de décarbonation

La décarbonation est un enjeu considérable, il l'est encore plus pour les outre-mer qui cumulent les défis du continent à ceux de leur situation insulaire (ou quasi insulaire comme la Guyane). Les outre-mer sont-ils prêts pour affronter le choc de la décarbonation, qui, bien plus qu'une transition, est en réalité une véritable transformation ? On peut en douter. À moins de poser de nouveaux principes pour fonder la suite, qui feront de cette décarbonation, cet obstacle vertigineux et insurmontable, une chance.

À l'aune de l'ancien monde, celui que nous avons encore sous nos yeux et qui a profité, avec une certaine ivresse, d'une énergie fossile immensément disponible, on peut évaluer la situation économique et sociale de chacun des territoires des outre-mer, et le moins que l'on puisse dire – peut-être en mettant à part Clipperton – c'est qu'elle ne comble pas les attentes de leurs habitants, et encore moins les promesses d'un rattrapage par rapport aux départements hexagonaux. Les rapports successifs de l'IEDOM⁽¹⁾ donnent des chiffres avec le langage feutré d'une banque centrale déléguée, et l'INSEE⁽²⁾ rappelle, par exemple, que la grande pauvreté est 5 à 15 fois plus fréquente dans les départements et régions d'outre-mer qu'en France métropolitaine. Cette situation économique et sociale suscite frustrations, colère, anxiété, sentiments d'injustice, voire d'abandon, et ce paradoxalement malgré des efforts immenses de l'État pour compenser les écarts avec la France hexagonale, et malgré l'audace entrepreneuriale de beaucoup d'Ultramarins qui ont su relever les défis de l'insularité et de l'éloignement.

Pour autant, cette comparaison trop souvent défavorable est déjà obsolète, car nous sommes déjà dans un monde totalement nouveau. Les écaïlles nous sont tombées des yeux, notre aveuglement de l'ancien monde, dopé aux énergies fossiles, sera fatal à bien des limites planétaires⁽³⁾, dont celle du climat. Mais

la prise de conscience est là. Ce monde totalement nouveau, en germe, c'est celui qui a déjà commencé à s'affranchir des énergies fossiles et continuera de s'en affranchir massivement. Il est loin, très loin d'être en place, mais il est palpable que ce n'est qu'une question de temps, et sans doute de vitesse, si l'humanité veut y trouver un présent et un avenir. Plus que d'une transition, c'est d'une transformation dont il s'agit : notre mix énergétique primaire comprend plus de 80 % d'énergies fossiles et s'en passer n'est pas une simple

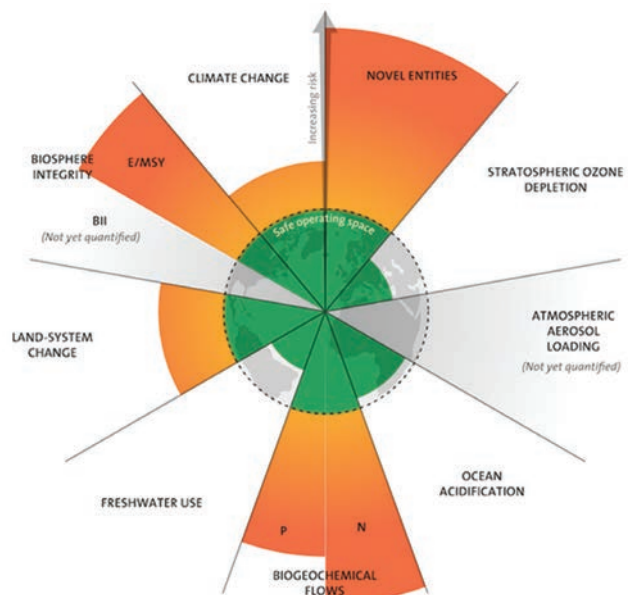


Figure 1 : La 6^e limite planétaire dépassée (figure dessinée par Azote pour le Stockholm Resilience Centre, fondée sur l'analyse de Persson et coll. (2022) et Steffen et coll. (2015)).

⁽¹⁾ IEDOM : Institut d'émission des outre-mer, qui publie chaque année une analyse économique de la situation de chaque territoire, voir <https://www.iedom.fr/>

⁽²⁾ INSEE : voir, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6459395>

⁽³⁾ Neuf limites planétaires sont définies. Pour chaque limite, un indicateur et une valeur seuil sont estimés en quantités émises ou extraites de l'environnement. Six de ces limites étaient en 2022 considérées comme étant déjà dépassées. Voir, par exemple, <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>



Photo © Rudy and Peter Skitterians

Figure 2 : La biodiversité des outre-mer est un atout considérable, à préserver et à valoriser pour mieux vivre le monde qui vient.
Source : <https://pixabay.com/fr/photos/cascade-for%C3%AAt-tropicale-for%C3%AAt-384663/>

substitution par une autre énergie miraculeuse, ni juste une transition, c'est une véritable transformation, qui va rebattre les cartes pour les outre-mer.

Les outre-mer sont-ils bien armés pour cette transformation ? Pas du tout, si l'on en croit les chiffres actuels. L'ampleur du défi, déjà colossal sur le continent, l'est encore davantage dans les outre-mer français insulaires (ou quasi insulaires pour la Guyane). Ce ne sont pas des PPE⁽⁴⁾ ambitieuses avec une réussite inégale (et surtout, qui traduisent déjà un énorme retard pour certains territoires) qui changeront la réalité. Car les outre-mer additionnent (et parfois multiplient) les défis (pharaoniques) du continent avec ceux propres à l'insularité, à la fois spécifiques et structurels : éloignement des sources d'approvisionnement, zone non interconnectée (ZNI) pour l'électricité, exposition accrue au changement climatique, biodiversité exceptionnelle à préserver et même à valoriser, et économie fortement carbonée. Décarboner ne signifie pas seulement régler le sujet de l'énergie électrique avec des énergies renouvelables – encore qu'il s'agisse là d'un enjeu considérable, où tout le génie entrepreneurial doit s'exprimer pour développer le photovoltaïque, l'éolien en mer, la géothermie, l'hydraulique, la méthanisation etc. –, il faut aussi intégrer la question de l'ensemble des domaines impactés par la décarbonation : il faut donc y inclure la mobilité (terrestre, maritime et aérienne), l'alimentation, l'industrie locale et le bâtiment.

⁽⁴⁾ PPE (Programmation pluriannuelle de l'énergie) : document qui décrit pour chaque territoire les objectifs à atteindre, notamment en termes de mix énergétique.

Pourtant, et c'est le propos de cet article, la décarbonation est une véritable chance pour les outre-mer

Passer de l'ancien au nouveau monde ne sera pas, on l'a dit, une transition douce et toujours agréable. Sans être collapsologue, on sait qu'il y aura des catastrophes, des zones devenues inhabitables, des problèmes économiques et des crises sans commune mesure avec celles que nous avons connues. Les outre-mer ont toujours fait preuve de résilience et d'adaptation. Ces deux qualités fondamentales leur permettront de franchir les épreuves. Mais ce n'est pas tout.

D'où partons-nous ? L'ancien monde, disons-le, au moins dans sa dimension économique, a souvent été un peu humiliant pour les outre-mer. Est-il valorisant pour eux d'être souvent identifiés comme des territoires de populations assistées, agitées par des revendications lancinantes de rattrapage économique, assimilées à des « danseuses de la République » ? Est-il soutenable d'être aussi dépendants de subventions de l'État, d'être étouffés par une part surpondérée d'emplois de fonctionnaires ? Est-il viable pour eux d'être voués à renoncer à la plupart de leurs productions locales industrielles et agricoles, et donc ne dépendre que des importations ? Est-il valorisant d'être des populations écartelées à ce point entre dépendance quasi absolue vis-à-vis de l'Hexagone et besoin légitime d'autonomie alimentaire, énergétique et industrielle, sans parler d'autonomie politique, ni même aller jusqu'à évoquer une volonté d'indépendance, intenable économiquement avec le paradigme actuel ?

Avec l'ancien monde qui vit ces dernières années ou décennies (2050, c'est dans moins de trente ans), la décarbonation, une bataille déjà très loin d'être gagnée dans l'Hexagone, est un mur infranchissable pour des territoires fragilisés et soumis à des contraintes supérieures, sauf à ce qu'elle soit une occasion unique de voir les choses autrement. C'est voir les choses autrement qui rendra la vie dans les outre-mer non seulement possible, mais aussi féconde pour ces territoires et, plus largement, pour le monde entier. Comment préciser cet autrement si désirable ?

D'abord en rappelant qu'il ne s'agit pas d'un nouveau monde qui efface l'ancien, mais qui en retient le meilleur. De même, il faudra encore beaucoup d'énergie fossile pour construire ce nouveau monde, comme il faudra aussi s'appuyer sur tous les fondements du monde actuel pour construire le suivant, mais en adoptant de nouveaux principes et en tirant les conséquences.

Quels sont ces nouveaux principes qui régissent dès maintenant le nouveau monde ?

Le premier, sans se tromper, consiste à affirmer dès à présent que l'énergie sera durablement plus rare. L'ère du pétrole nous a habitués à une énergie bon marché et extrêmement performante. Désormais, il faut compter sur une énergie plus rare, plus chère, qui nécessitera des coopérations et des arbitrages entre les différents usages, entre les plus essentiels et les plus superflus –, en sachant que cette distinction relèvera au moins autant d'une recherche du bien commun que du respect de libertés individuelles. Ce n'est pas incompatible si l'on adopte cette définition de la liberté énoncée par Nelson Mandela et écrite sur le fronton du musée de l'Apartheid à Johannesburg : *"For to be free is not merely to cast off one's chains, but to live in a way that respects and enhances the freedom of others"*. Dans le nouveau monde, l'action individuelle, autrefois perdue dans une quête de consommation effrénée et insensée, pourra être inscrite, comme une nécessité vitale, dans la recherche de contribuer au bien commun.

Le second principe inéluctable reconnaît que l'autonomie des territoires (au sens de la subsidiarité) est un préalable vital et non une conquête marginale. La subsidiarité consiste à donner à chacun ce dont il a besoin pour remplir ses responsabilités. « L'appel de Fort de France », signé en 2022 par plusieurs présidents de collectivités d'outre-mer, ne demande pas autre chose, du moins dans sa version publique. Là où les outre-mer étaient par construction vus comme l'extension d'un jardin à la française de lois, de normes et de procédures, orchestré par un Le Nôtre principalement parisien, la densité des questions à résoudre et à arbitrer, sans commune mesure dans le nouveau monde, rendent cette organisation colbertiste inefficace et dangereuse. Il faut donc non seulement un service public irréprochable et efficace, mais aussi une responsabilité locale renforcée et un entrepreneuriat dynamique, qui sont tous deux seuls à même d'apporter des solutions aux problèmes à venir en exploitant le plein potentiel que donne la subsidiarité. Tous en ont conscience, il reste à l'organiser.

Le troisième est de tendre à une proximité nécessairement accrue avec la nature, qui est l'immense atout à protéger et à cultiver. Les territoires d'outre-mer originellement tellement beaux ont été abîmés par des développements mal maîtrisés, ils doivent redevenir ce qu'ils étaient. Il faut traiter totalement les eaux usées, les déchets, organiser l'économie circulaire pour faire de ces derniers une ressource, protéger la biodiversité, retrouver la beauté des villes et des bords de route, corriger les laideurs architecturales qui ont envahi les paysages... La Martinique a par exemple récemment obtenu de l'Unesco le titre de « Réserve de biosphère », c'est un cadre de progrès qui va exactement dans le bon sens, notamment dans celui de la décarbonation.

Réserver l'énergie plus rare à l'essentiel (renoncer à une abondance gloutonne et insatiable), organiser la subsidiarité (laisser émerger l'intelligence, les énergies et les responsabilités locales) et redonner à la nature son rôle (et cesser de l'abîmer sur l'autel du culte de la croissance) : ces trois principes ont des conséquences de multiples, citons-en quelques-unes.

Les conséquences de ces principes

L'énergie décarbonée rare (et donc chère) va révolutionner la vie économique des territoires dans toutes ses dimensions (pour rappel : électricité, agriculture, bâtiment, production et mobilité). Arrêtons-nous sur la mobilité dans les outre-mer. Il n'est que temps de l'anticiper. Par exemple, il faut, bien sûr, développer les formes modernes et intelligentes de transport en commun et de covoiturage, avec un modèle d'organisation reposant sur la mobilité partagée aux antipodes de celui actuel (réseaux de bus traditionnels), qui induit des grèves et des dysfonctionnements incessants et prend en otage les usagers. Il faut aussi construire, dès maintenant, environ 200 km de pistes cyclables sécurisées dans chaque territoire (sauf peut-être à Clipperton et aux Kerguelen !), à moins de décider que seuls les moyens coûteux pour leurs utilisateurs et pour l'environnement permettront de se déplacer à l'avenir. Des vélos à assistance électrique aideront à franchir les pentes, tandis que quelques astuces (équipements individuels, prévisions météo ultra-locales, douches sur les lieux de travail) permettront de s'affranchir des aléas météorologiques. Les vols transatlantiques seront plus rares, il faut dès à présent orienter le tourisme vers la qualité plutôt que vers la quantité, le tourisme de masse insulaire n'ayant aucun avenir. Les vols disponibles, rendus abordables pour garantir la continuité territoriale, seront trop précieux pour les insulaires autochtones, leurs familles et leurs amis, et assurer les échanges indispensables.

L'autonomie alimentaire et énergétique ainsi que la constitution d'une industrie locale pour satisfaire les besoins de base devront être recherchées pour créer des emplois locaux qui depuis longtemps ont disparu. Les outre-mer pourront s'appuyer sur le formidable potentiel entrepreneurial qui y réside. L'autonomie va de pair avec la responsabilité ; l'évolution du système politique permettra une meilleure responsabilité locale, ce qui n'empêche pas un État efficace et protecteur sur les questions régaliennes.



Figure 3 : Sans transformer les outre-mer en jardin botanique on doit valoriser la capacité de la nature à rendre beau ou restaurer n'importe quel paysage : rendre leur beauté aux territoires fait partie du chemin de la décarbonation.

source : <https://pixabay.com/fr/photos/moorea-jardin-pacifique-sud-701861/> - Ile de Moorea Polynésie



Photo © TangoSteph

Figure 4 : La barge rousse, qui instinctivement parcourt 13 000 km en 12 jours sans escale, entre la Nouvelle-Zélande et l'Alaska : la nature est un modèle d'efficacité énergétique, dont le monde, dopé par le pétrole, nous a éloignés.

Source : <https://pixabay.com/fr/photos/barge-%C3%A0-queue-noire-oiseau-animal-7193156/>

L'autonomie permettra une meilleure insertion des territoires au sein des partenariats internationaux locaux. On pense par exemple à la Caraïbe, où aujourd'hui les liens des territoires français avec l'Hexagone font un peu penser à la situation à Berlin-Ouest au temps de la Guerre froide : une ville totalement et intensément reliée par des corridors à la République fédérale d'Allemagne (RFA), mais complètement isolée des territoires alentour (pour des raisons différentes évidemment, l'image est certes excessive, mais elle est parlante).

Enfin, la proximité avec la nature n'est pas une simple expérience individuelle, ni même une incantation écologiste. C'est toute une société qui peut être transformée par cette proximité, qui appelle dialogue, respect et projets en commun. Qui a déjà participé à une opération « Pays propre⁽⁵⁾ » (ramassage d'ordures par des équipes de bénévoles) sait bien le dégoût que suscite toute cette pollution à nettoyer, mais aussi toute la joie collective qu'il y a à prendre soin de son pays de naissance, ou d'adoption, fût-ce pour quelques années. Qui a laissé un temps sa voiture pour circuler à vélo sait le bienfait qu'apporte un rythme de vie proche du terrain, des gens, ainsi que les effets positifs qu'il produit sur sa santé physique et mentale.

⁽⁵⁾ L'opération « Pays propre » est organisée par l'association Entreprises et Environnement, <https://entreprisesenvironnement.com/nos-actions/environnement-et-cadre-de-vie/operation-pays-propre/>

Par-dessus tout, un sujet majeur, trop souvent négligé, conditionne tous les autres, et il a sa place dès maintenant dans le nouveau monde à venir : la jeunesse. Historiquement, les jeunes talentueux des outre-mer n'y restent pas pour la plupart. Ils quittent le territoire une fois le bac en poche, et pour de multiples raisons ne reviennent pas travailler au pays. Cela fait plus de cinquante ans que cela dure, et recruter des Ultra-marins dans leur territoire d'origine demande une énergie considérable. Réinvestir dans le système éducatif est une priorité absolue pour le présent et pour l'avenir, cela manifeste et concrétise l'intérêt de la société pour les jeunes. Sur l'année scolaire 2019-2020, en Martinique, les lycées publics ont été fermés la quasi-totalité de l'année : pour près de la moitié (l'autre moitié étant due au Covid) ces fermetures étaient intervenues à cause de grèves des services généraux qui avaient mis un simple cadenas sur les portails d'entrée, empêchant les enseignants d'entrer. Qui s'en souvient ? Qui a réagi ? L'État impuissant a, à travers le Rectorat, signé là l'arrêt de mort d'une civilisation, celle qui ne se préoccupe plus de ses jeunes, préférant se focaliser sur les revendications salariales d'une ultra-minorité d'adultes. Remettre en place un service public de l'éducation irréprochable et investir massivement dans l'enseignement supérieur seraient le signal qu'un jeune peut croire en l'avenir du territoire où il a grandi. Cela n'empêchera pas les jeunes de parcourir le monde, mais le jour où l'on fera en sorte que les outre-mer ne soient pas vidés de leurs talents, on aura ouvert une porte sur leur avenir et sur celui des territoires considérés.



Figure 5 : Jeunes de l'Institut catholique européen des Amériques (ICEA) : notre génération croit en l'avenir des outre-mer, et une jeunesse talentueuse et formée est la condition de réussite de la transformation en cours (voir : icea-edu.fr).

Décarboner n'est pas une transition mais une transformation profonde, c'est un défi considérable

Pour les outre-mer, la décarbonation est une transformation fondamentale et incontournable, elle est également une chance qui doit être saisie dès maintenant. Au fond, il est avant tout question d'énergie : celle qui doit se substituer aux énergies fossiles, y compris

dans tous les échanges extérieurs et dans tout le tissu économique, celle qui doit émerger de populations plus responsables et volontaires pour prendre en main leur destin, et celle enfin qui naît de la proximité avec la nature, de laquelle pourront renaître la résilience, l'équilibre et la beauté, dans une forme d'écologie du bien commun. Le nouveau monde décarboné est une chance pour les outre-mer, à condition d'y travailler dès maintenant.



Figure 6 : Le monde fondé sur les énergies fossiles vit ses dernières années (ici, le dispositif policier mis en place pour protéger une mine de lignite en Allemagne, en 2022) : les outre-mer plus que tout autre territoire peuvent exercer un *leadership* dans le nouveau monde décarboné, à condition d'arriver à faire valoir leurs atouts.

L'adaptation normative outre-mer, le BTP toujours au pied du mur

Par Stéphane BROSSARD

Président de la commission technique de la FRBTP de La Réunion

Les territoires ultramarins présentent des spécificités climatiques et géographiques que les normes et règlements du bâtiment, pensés à partir de la métropole, ne prennent pas assez en compte ce que mettait en évidence dès juin 2017 un rapport sénatorial. Il plaide pour développer et diffuser l'expertise sur les modes de construction adaptés aux outre-mer, faciliter la certification et l'approvisionnement en matériaux, décentraliser la production de normes pour les ultramarins, faciliter l'innovation en réformant les procédures nationales de validation, et devoir les règlements pénalisant la création, par ailleurs nécessaire, de logements. Des progrès sont en cours, qui nécessitent cependant d'être amplifiés et intégrés dans de futurs plans logement en outremer.

PROBLÉMATIQUE

La situation géographique et climatique singulière des territoires ultramarins, comme les spécificités des besoins quantitatifs et qualitatifs en matière de logement, requièrent une réglementation et une normalisation⁽¹⁾ adaptées. La pertinence de l'application outre-mer des règles de construction métropolitaine a d'ailleurs été questionnée à de nombreuses reprises, que ce soit par la Cour des comptes⁽²⁾ ou par la délégation sénatoriale aux outre-mer⁽³⁾.

« L'application immédiate aux DOM [départements et régions d'outre-mer] de règles et de normes conçues avant tout pour la situation métropolitaine, mais auxquelles s'ajoutent des normes spécifiques, aboutit souvent à des exigences sans réel rapport avec les réalités locales de l'aménagement, de la construction et de l'habitat. L'effort d'adaptation de ces normes doit désormais tendre à la performance raisonnée » (Cour des comptes, septembre 2020).

D'autre part, les savoir-faire et les pratiques locales traditionnelles ne sont pas, pour l'essentiel, assimilés par les assureurs et les contrôleurs techniques à la pratique courante. L'expertise locale doit donc soumettre ses produits et ses procédés aux différentes

évaluations et essais sous-jacents à la délivrance d'un avis technique ou d'une autre certification, si elle souhaite les faire référencer et reconnaître vis-à-vis des professionnels et des assureurs. Or, les groupes spécialisés sont aujourd'hui localisés à Paris pour la majorité. Leur jurisprudence est centrée sur les besoins de la métropole et trop peu adaptée à la diversité des contextes ultramarins.

« L'émergence d'une expertise technique locale suffisamment structurée permettrait de certifier des produits de construction et des ressources locales ou provenant du voisinage régional » (Cour des Comptes, septembre 2020).

Faute de structure locale reconnue, l'expertise métropolitaine est aujourd'hui presque systématiquement sollicitée et privilégiée tant en termes d'accompagnement technique que de réalisation d'études. Cela induit une hausse des coûts significative, et une empreinte carbone non optimisée. Pourtant, des compétences existent localement et sont à conforter, tandis que certaines innovations ultramarines gagneraient à être relayées en métropole pour accélérer la transition écologique du secteur. À titre d'exemple, le réchauffement climatique va rendre nécessaires, notamment dans le Sud de l'Hexagone, la protection solaire et la ventilation traversante, au moins pour le confort d'été.

L'éloignement des centres d'évaluation technique représente donc un frein majeur à l'innovation ultramarine, à la montée en puissance d'une expertise locale à vocation régionale, et, en conséquence, à la construction ou à la réhabilitation de logements comme d'équipements ou de locaux d'activités.

La récente inflation du prix des matériaux et produits de la construction a en effet mis en exergue l'insuffisance de produits dits certifiés sur le marché ultramarin. Dès lors, si l'on ne rentre pas dans le cadre des techniques courantes, des avis techniques spécifiques outre-mer (plus exigeants eu égard aux caractéristiques climatiques locales – UV, vents cycloniques, pluviométrie,

⁽¹⁾ La « normalisation » étant ici entendue comme le processus de détermination et d'adoption des normes volontaires.

⁽²⁾ « Le logement dans les départements et régions d'Outre-mer », Cour des comptes, rapport public thématique, septembre 2020, <https://www.ccomptes.fr/fr/documents/52807>

⁽³⁾ « Le BTP outre-mer au pied du mur normatif : Faire d'un obstacle un atout », rapport d'information de M. Éric DOLIGÉ, rapporteur coordonnateur, MMES Karine CLAIREAUX et Vivette LOPEZ, fait au nom de la délégation sénatoriale aux outre-mer, n° 601, 29 juin 2017 <https://www.senat.fr/rap/r16-601/r16-6011.pdf> ; « La politique du logement en Outre-mer », rapport d'information n° 728 (2020-2021) de M. Guillaume GONTARD, MME Micheline JACQUES et M. Victorin LUREL, fait au nom de la délégation sénatoriale aux outre-mer, déposé le 1er juillet 2021, La politique du logement dans les outre-mer - Rapport - Sénat (senat.fr) <https://www.senat.fr/rap/r20-728-1/r20-728-1.html>

corrosion) peuvent être exigés par les bureaux de contrôle et les assureurs, dont le coût, déjà très élevé, est d'autant plus difficile à amortir que le marché est petit⁽⁴⁾.

L'équation devient donc intenable : besoin urgent de construire⁽⁵⁾ *versus* capacité des clients (bailleurs sociaux pour l'essentiel) à acheter une offre au coût largement supérieur en raison notamment de la sclérose réglementaire (sur la conception) et normative (sur les produits certifiés).

De même, les crises successives de ces dernières années, assorties de cette inertie réglementaire et normative qui fige l'architecture, les modèles constructifs et les circuits d'approvisionnement ont considérablement fragilisé le domaine de la construction, secteur pourtant phare, susceptible d'offrir à une partie de la jeunesse la possibilité d'accéder au marché du travail, et compromettent l'avenir de celle-ci à court-moyen terme.

ILLUSTRATIONS

Sur le terrain, les acteurs sont mobilisés sur ces sujets depuis de très longues années, notamment à La Réunion, et ont mis en place des processus et des outils performants.

À titre d'exemples⁽⁶⁾ :

À La Réunion :

- création de la marque de qualité GEOCERT, par l'ADIR en 2004 (lauréat du trophée de la Fondation Excellence de la SMABTP en 2010), intégrée à la certification CERQUAL lors de sa mise en œuvre à La Réunion ;
- création d'ACERBAT (Association pour la certification des entreprises du bâtiment) par l'ADIR, la Chambre des métiers et de l'artisanat, la FRBTP, la CERBTP ;
- élaboration d'un consortium pour la construction durable en 2007.

Ces projets ont vu le jour dans le cadre de deux contrats de filière successifs :

- création en 2009 du CIRBAT au sein de la CMAR, labélisé Pôle d'innovation national sur la thématique du bâti tropical, dont deux de ses laboratoires sont accrédités par le COFRAC depuis 2019 ;
- création du groupe miroir BNTEC, en 2017, piloté par la FRBTP pour l'adaptation des DTU (Documents techniques unifiés), suite à l'analyse de la base de données (SYCODES 2016) recensant les sinistres à La Réunion, sur financement PACTE.

⁽⁴⁾ Selon un retour d'expérience d'une *start-up* en Martinique : entre 100 000 et 150 000 euros pour les essais nécessaires à l'obtention, et environ 20 000 euros d'instruction.

⁽⁵⁾ L'INSEE a estimé dans une étude de 2018 à 165 000 le besoin de logements sociaux neufs à La Réunion d'ici 2035. Le rythme de ces trois dernières années est de 2 500 maximum.

⁽⁶⁾ Le cas de Mayotte est très particulier : la structuration des filières n'est pas encore faite, tandis que les besoins sont énormes. Pour répondre à cette demande sociale et économique (et bien dans cet ordre), il faudrait durant cinq à dix ans un régime dérogatoire plus souple et moins exigeant.

À la Martinique :

- La CERC :
 - dans le cadre du programme PACTE, a mené des travaux sous la bannière « BATISOLID : construire en zone tropicale vulnérable », qui ont donné lieu à une feuille de route 2020-2022 qui prévoyait la constitution d'une commission locale de normalisation permanente aujourd'hui mise en œuvre dans le cadre du PLOM⁽⁷⁾ 2019-2022 ;
 - a vu son projet « Soutenir la filière de construction par le développement de techniques adaptées localisation porteurs de projet » retenu par le fonds d'innovation d'Action Logement.

En Nouvelle-Calédonie : le gouvernement a développé son propre référentiel <https://rcnc.gouv.nc/>

Le rapport de la délégation sénatoriale aux outre-mer, n° 601, 29 juin 2017, a mis le projecteur au niveau national sur la problématique de l'adaptation normative des produits et techniques de construction en outre-mer, ainsi que sur celle de la pertinence et de l'efficacité d'une gestion de la conformité au niveau local.

Les conclusions dudit rapport ont été reprises en annexe du « Rapport simplification des réglementations dans la construction » dit rapport Laffoucrière de janvier 2019. Il a inspiré la rédaction d'une partie du chapitre 3, « Relever le défi du logement », du Livre bleu issu des Assises de l'Outre-mer (26 juin 2018), les conclusions de la Conférence du Logement Outre-mer (10 juillet 2019), ainsi que le PLOM 2019-2020 (mesure 3.3.4).

Ce rapport a présenté un diagnostic très complet des inadaptations, et formulé 35 recommandations articulées autour de 5 axes :

1. Développer et diffuser l'expertise sur les modes de construction adaptés aux outre-mer
2. Faciliter la certification et l'approvisionnement en matériaux tout en favorisant la coopération avec les pays de l'environnement régional
3. Décentraliser la production de normes adaptées au territoire ultramarin
4. Faciliter la diffusion de l'innovation en réformant les procédures nationales de validation
5. Réviser les réglementations pénalisant lourdement les entreprises et freinant la satisfaction des besoins de logements et d'équipements des outre-mer

On doit se féliciter de quelques avancées :

- participation active de la FEDOM (Fédération des entreprises d'Outre-mer) et des professionnels réunionnais au groupe de travail ;
- Outre-mer Loi ESSOC (Droit d'expérimenter) ;
- association régulière de la FEDOM aux réunions relatives aux missions confiées au CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) et à la DHUP (Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages) dans le cadre du PLOM ;

⁽⁷⁾ Plan logement outre-mer.

- création d'un groupe de concertation outre-mer avec le Conseil supérieur de la construction et de l'efficacité énergétique ;
- commissions locales de normalisation : financement via la LBU du groupe technique en charge de l'adaptation des DTU à La Réunion, dans le prolongement des travaux entrepris sous financement PACTE, et d'un groupe similaire à la Martinique, sous pilotage CERC (Cellule économique régionale de la construction) ;
- demande de dérogation au marquage CEE pour les produits commercialisés dans les régions ultrapériphériques (RUP), portée par la France dans le cadre de la révision du règlement des produits de la construction.

Mais force est de constater que le bilan reste maigre en termes de concrétisations, alors que les enjeux se multiplient : réglementation incendie, utilisation du bois dans les ERP, végétalisation des toitures, vents cycloniques, PMR, réglementation thermique, instauration d'un DPE, etc.

PISTES D'AMÉLIORATION

Sur le plan des principes :

L'urgence et l'ampleur des besoins en logements et équipements dans les outre-mer, différents selon les territoires pour des raisons géographiques (topographie, sismicité, cyclones) et sociologiques (démographie, attentes en termes d'habitabilité) plaident pour un véritable choc en termes de prise de conscience et de plan d'action, que les deux derniers PLOM n'ont manifestement pas encore provoqué.

À l'intensification du corset réglementaire, que l'on peut assimiler à la notion du plus grand dénominateur commun, il faut privilégier une approche basée sur le bon sens et le pragmatisme. Ce qui signifie :

- privilégier la qualité de la règle à la quantité des règles, ce qui implique nécessairement une adaptation au contexte ;
- envisager des solutions alternatives au processus qui paraît aujourd'hui inexorable du cumul des réglementations : en matière de protection contre les vents paracycloniques par exemple, le renforcement à outrance du bâti va le rendre inaccessible, notamment en termes de coûts, alors que des solutions de contournement existent comme la notion de construction de refuges par exemple⁽⁸⁾ ; de même, la réglementation

⁽⁸⁾ 99 % des cyclones affectant la Réunion ne causent que des dégâts mineurs sur le bâti, seuls les éléments de toitures ou de menuiseries sont affectés et la structure des bâtiments est très souvent intacte pour ceux qui respectent les 34 m/s des Eurocodes actuels. La profession travaille avec le BNTEC (Bureau de normalisation des techniques et équipements de la construction du bâtiment), pour amender suivant ses contraintes les NF DTU 40.35 (toiture tôle) et NF DTU 36.5 (menuiserie alu). Il est donc dispendieux de généraliser une réglementation encore plus stricte. Dans le cas du cyclone du siècle, les zones de refuge seront beaucoup plus efficaces, d'autant que de tels cyclones impliquent que les réseaux d'eau et d'électricité ne fonctionnent plus, ce qui implique des modes d'accueil spécifiques.

incendie dans des bâtiments où la ventilation traversante est la règle ne peut qu'être spécifique⁽⁹⁾ ;

- se reposer sur la connaissance que les professionnels et les experts locaux ont de leur marché, de leurs produits, de leur environnement. L'Agence qualité construction considère qu'ils sont les mieux à même de déterminer les produits et *process* susceptibles de limiter la sinistralité dans leurs territoires.

Sur le plan des mesures :

1. Le renforcement des moyens locaux en termes d'essais et d'expertise est une voie nécessaire et économiquement viable, surtout si on l'envisage à l'échelle des bassins où sont situés nos territoires.

La FEDOM a développé un argumentaire étayé et partagé par les professionnels du bassin océan indien et du bassin Antilles-Guyane, ainsi qu'avec les administrations (DHUP, DEAL pour Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement, DGOM pour Direction générale des outre-mer) associées au comité de pilotage, en faveur de l'installation de cellules de validité de conformité, l'une pour l'océan Indien, l'autre pour le bassin Antilles-Guyane.

L'objectif est de faciliter les démarches d'évaluation pour les acteurs locaux en les accompagnant à différentes étapes du processus actuel (orientation, facilitation de la réalisation d'essais, information), afin de raccourcir les délais, réduire les coûts et favoriser l'économie circulaire. À ce titre, les cellules :

- contribuent au développement d'une offre :
 - d'instruction d'avis technique (ATec / ATex) adaptée aux demandeurs ultramarins ;
 - d'évaluation des produits de construction locaux (essais) notamment à des fins de marquage CE ou de certification volontaire ;
- participent au développement de nouvelles offres selon l'évolution du contexte local (besoins prioritaires, nouveaux moyens) ;
- promeuvent les offres d'évaluation de produits de construction locaux.

Ces cellules locales consolideraient par ailleurs les réflexions sur les problématiques de conformité produits liées aux spécificités ultramarines, et assureraient leur continuité et leur pérennité. En lien avec les acteurs nationaux, dont elles seraient le relais local, les cellules pourraient :

- suivre, capitaliser et consolider des travaux sur les évolutions réglementaires et normatives ;
- proposer des adaptations réglementaires et normatives ;
- contribuer aux réflexions sur le marquage CE, la mise en place d'un marquage RUP et les équivalences de normes.

⁽⁹⁾ Nous avons acquis grâce à la RTAA DOM (Réglementation thermique, acoustique et aération dans les DOM) de l'expertise sur la ventilation traversante et sur le facteur solaire (protection solaire, brise-soleil, isolation contre le rayonnement solaire). Nous avons à la Réunion des doctorants sur ce sujet et déjà deux éco-quartiers bâtis sur ce principe : Beauséjour à Sainte Marie et le Cœur de Ville de la commune de la Possession.

Elles complèteraient logiquement les commissions locales de normalisation (mesure 3.3.4 du PLOM) qui travaillent sur les règles de l'art.

Dans un souci de rationalisation et d'efficacité, le parti pris est de ne pas créer de structures nouvelles. Au contraire, il est proposé de doter de ressources humaines et financières dédiées des structures d'ores et déjà impliquées dans le processus. Les CERC se trouvent particulièrement indiquées pour accueillir ces nouvelles missions, d'autant qu'elles rassemblent les acteurs locaux privés et publics du BTP.

La démarche est innovante et pragmatique en termes :

- de produits : produits locaux, matériaux biosourcés, matériaux recyclés (dans la logique d'économie circulaire et en lien avec la mise en œuvre de la filière à responsabilité élargie des producteurs – REP – dans le BTP) ;
- de *process* et d'organisation : mutualisation, approche systémique, intelligence collective au service de la structuration de la filière ;
- de rationalisation des coûts des matériaux et donc de construction, d'empreinte carbone (essais locaux et experts locaux se substituant à des essais réalisés en métropole et à des experts contraints de se déplacer) et d'analyse de cycle de vie ;
- de rayonnement dans la zone intertropicale et dans certaines zones de l'hémisphère Nord concernées par le changement climatique.

2. Le renforcement de la présence des ultramarins dans les instances techniques et décisionnaires nationales (Commission chargée de formuler des avis techniques – CCFAT, groupes spécialisés du CSTB pour Centre scientifique et technique du bâtiment) est indispensable pour diffuser l'expertise sur les modes de construction en outre-mer, accompagner l'évolution des mentalités sur la nécessaire association des experts locaux à tous les processus d'élaboration réglementaire et normative, pour anticiper les textes et mesures inadaptés, sources de surcoûts, de freins à l'action et donc d'obstacles au développement.

Labéliser le nickel de Nouvelle-Calédonie pour le rendre plus compétitif et plus soutenable ?

Par Hugo LAPEYRONIE

Chargé de recherche au sein du département Diagnostics économiques et Politiques publiques de l'Agence française de développement

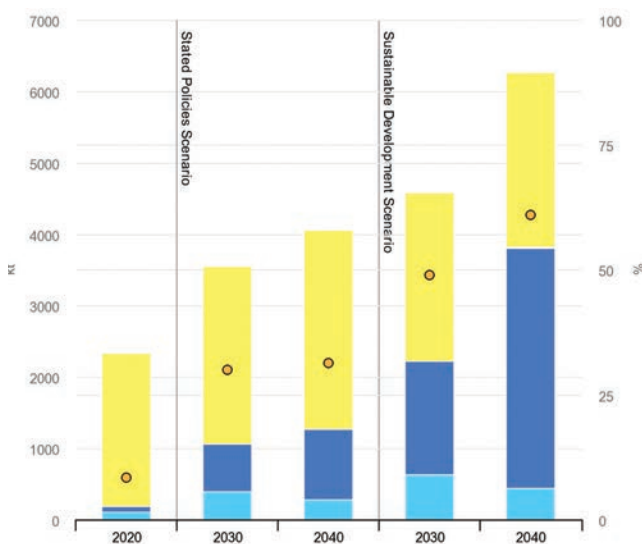
La récente proposition par le gouvernement néo-calédonien de créer un label « Nickel vert et éthique » interroge sur les opportunités de conciliation entre les objectifs de compétitivité et ceux de soutenabilité pour cette industrie.

Dans cet article, nous reviendrons tout d'abord sur la place du nickel dans la transition énergétique, avant de présenter le contexte de sa production en Nouvelle-Calédonie afin de décrypter les enjeux d'un tel label, mais aussi informer en vue de sa mise en œuvre.

Introduction

Le nickel dans la transition énergétique

Dans le cadre de la transition énergétique, le remplacement des véhicules thermiques par leur équivalent électrique devrait exercer une pression considérable sur les producteurs de batteries et sur l'approvisionnement en métaux qui les composent (IEA, 2021). En raison de son importance dans les batteries des voitures électriques et de sa difficile substituabilité, le nickel devrait voir sa demande fortement augmenter.



Graphique 1 : Demande de nickel pour la transition énergétique (© IEA (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions).

Ainsi, selon les projections de l'AIE, la demande annuelle de nickel pourrait plus que doubler à l'horizon 2040 dans le scénario développement durable (SDS). Une part importante de la demande de nickel continuera d'être issue des besoins de l'industrie de l'acier et des autres usages actuels. Cependant, plus de 60 % de cette demande pourrait être du fait de la transition énergétique (contre environ 8 % actuellement), principalement à destination des batteries nécessaires aux véhicules électriques.

Au regard de la production de batteries, l'industrie du nickel va différencier celui-ci en deux catégories. Le nickel de classe 1, dont la pureté est d'au moins 99,8 % et qui pourra entrer directement dans la composition des batteries. Le nickel de classe 2, de pureté inférieure, servira plutôt aux autres besoins de l'industrie, en particulier la production d'acier inoxydable. Les capacités de production de nickel de qualité batterie sont ainsi bien inférieures à celles de nickel de classe 2 (IEA, 2021).

Le nickel est un métal particulièrement difficile à produire. Certains types de gisements primaires comme les sulfures se prêtent plus facilement à la production de nickel de classe 1. Au contraire, les gisements supergènes oxydés comme les latérites, formations superficielles rougeâtres typiques des climats tropicaux, produisent la majorité du nickel de classe 2. Dans ce type de gisements, le nickel lié aux oxy-hydroxydes de fer est en moyenne peu concentré ($\text{NiO} < 2\%$) et dispersé sur de grandes surfaces à l'échelle des paysages latéritiques, ce qui rend l'extraction en carrière (mines ouvertes) plus dommageable pour l'environnement et les populations avoisinantes (Baille et Colin, 2012).

Pour les pays producteurs, la demande croissante de nickel offre d'importantes opportunités économiques, notamment en matière de revenus fiscaux et d'emplois. Cependant, elle présente deux risques environnementaux d'envergure. Elle pourrait d'abord augmenter les émissions de gaz à effets de serre (GES) de 90 % par rapport à leur niveau actuel (IFC, 2023). Elle pourrait aussi exercer une importante pression sur la biodiversité, car une grande partie du nickel sera extraite au sein d'écosystèmes tropicaux, riches en biodiversité endémique.

Les défis de l'industrie du nickel en Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie se place en 2022 à la cinquième place des producteurs mondiaux de nickel, avec 35 sites d'extraction en activité. Le secteur est dominé par trois groupes : la Société Le Nickel (SLN), la Société Minière du Sud Pacifique (SMSP) et Prony Resources ; singularisés par leur forte intégration verticale puisqu'ils extraient, transforment localement la majorité du minerai en produits à plus haute valeur ajoutée, et en assurent l'exportation.

En 2022, la Nouvelle-Calédonie a exporté 92 000 tonnes de nickel métal, sous forme d'environ 70 % de ferronickels et 30 % de Nickel hydroxyde cake (NHC⁽¹⁾). Ce dernier est un produit intermédiaire pouvant servir à produire du nickel de classe 1, qui est produit à partir des gisements de latérite de la mine du Goro au sud de l'île. Leur exploitation est rendue possible par l'emploi de la lixiviation acide à haute pression (HPAL), un procédé hydrométallurgique uniquement employé pour ce type de minerais oxydés en Nouvelle-Calédonie, et

⁽¹⁾ Composé de 37 % de nickel et 2-3 % de cobalt.

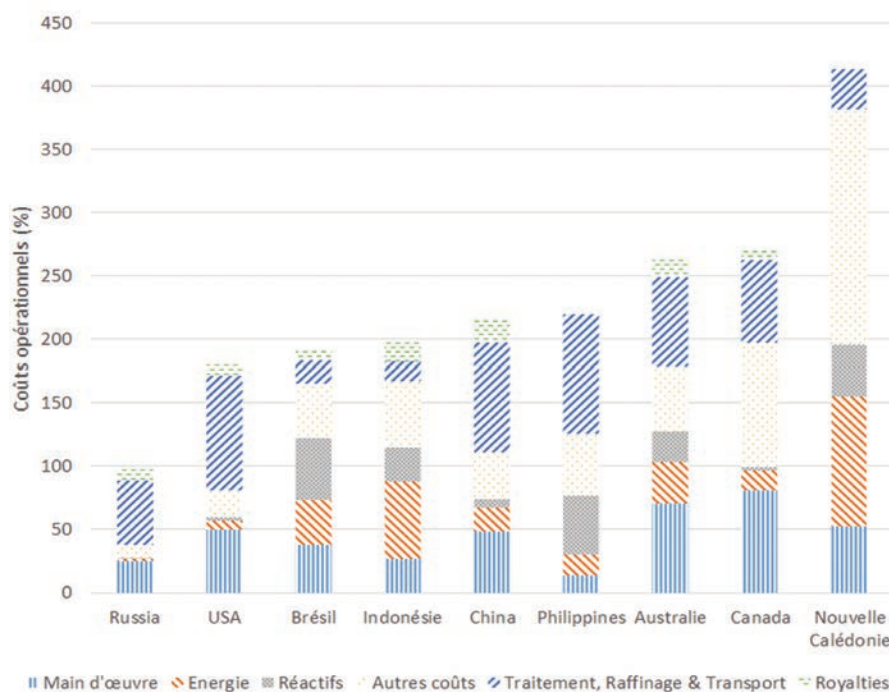
qui devrait aussi être utilisé sur le site de SLN dans le cadre d'un partenariat entre l'entreprise minière et métallurgique française Eramet et le chimiste allemand BASF. La part de NHC augmente rapidement ces dernières années, et permet à la Nouvelle-Calédonie de s'intégrer dans la chaîne de valeur des batteries.

La compétitivité de l'industrie du nickel en Nouvelle-Calédonie

La capacité de la Nouvelle-Calédonie à produire de manière compétitive ces deux types de produits est souvent questionnée. Dans le Graphique 2, les coûts opérationnels des mines des principaux pays producteurs ont été agrégés pour obtenir une estimation de leur niveau moyen de compétitivité. Le pays ayant le nickel le plus compétitif serait la Russie, qui sert ici de référence. À l'opposé, la Nouvelle-Calédonie disposerait du secteur le moins compétitif, avec un coût de production du nickel près de quatre fois supérieur au nickel russe et deux fois celui de l'Indonésie.

En cause, un coût de l'énergie particulièrement élevé, représentant près de 25 % du coût total. La catégorie « autres coûts », qui agrège des catégories de coût moins bien définies, est aussi bien plus élevée que dans les autres pays. L'insularité et l'isolement géographique de la Nouvelle-Calédonie semblent peser sur le prix des importations de beaucoup de ses intrants industriels.

De récents travaux portés par le FMI suggèrent que dans un scénario net zéro, le prix du nickel pourrait doubler dans la décennie 2030 (Pescatori *et al.*, 2021). Ces travaux invitent à l'optimisme quant à la viabilité économique du secteur à long terme. Cependant, la différence entre les deux typologies de produits nickel encourage à faire preuve de nuance.



Graphique 2 : Coûts opérationnels des principaux producteurs de nickel relatifs (Source : S&P Global (2022) SNL Metals & Mining Data. S&P Global market intelligence).

Le ferronickel s'échangeait fin 2022 à environ 74 % du prix de référence au London Metal Exchange (LME)⁽²⁾. Produit en grandes quantités, il est positionné sur un marché très concurrentiel. De son côté, le NHC serait vendu à un prix d'environ 80 % du cours LME⁽³⁾. Le contrat⁽⁴⁾ signé en 2021 avec le constructeur automobile Tesla protège une partie de la production de NHC de la compétition internationale, vendue à un prix déterminé à l'avance. La montée d'autres acteurs comme l'Indonésie qui développent également des projets reposant sur le procédé HPAL questionne la pérennité de l'accès du nickel néo-calédonien à ces marchés, à des niveaux de prix assurant la rentabilité du secteur.

La soutenabilité de l'exploitation de l'industrie du nickel en Nouvelle-Calédonie

La soutenabilité environnementale et sociale de l'exploitation du nickel en Nouvelle-Calédonie est complexe à déterminer. Les travaux réalisés à partir de l'indicateur synthétique ESGAP, qui offre un tableau de bord permettant de suivre l'état de l'environnement dans une perspective de durabilité forte, suggèrent qu'aucune des quatre fonctions environnementales de la Nouvelle-Calédonie ne dispose d'un état soutenable (Comte *et al.*, 2020). La fonction associée à la pollution des écosystèmes est jugée la moins soutenable. Ce résultat est appuyé par une autre analyse des pressions environnementales en Nouvelle-Calédonie mettant directement en cause les émissions de polluants atmosphériques (métaux lourds) et de GES du secteur minier et métallurgique (VertigoLab et Bio Eko, 2021).

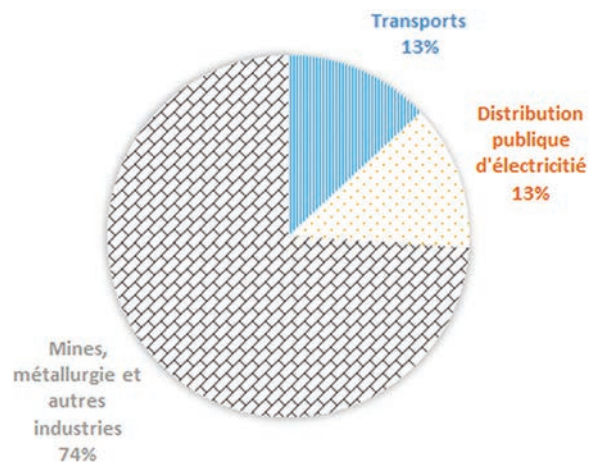
À elle seule, l'industrie métallurgique consomme près de 70 % de l'électricité produite localement, et dépend essentiellement d'énergie fossile. Le site de la SLN disposait de la centrale B fonctionnant au fioul de 4 x 40 MW, provisoirement remplacée par une centrale flottante au fioul. Au nord, l'usine de traitement pyrométallurgique de Koniambo Nickel (KNS) est alimentée par une centrale à charbon de 2 x 135 MW. Enfin, au sud, l'usine hydro-métallurgique de Goro est alimentée par une centrale à charbon de 2 x 50 MW. Il convient de noter que le procédé HPAL émet aussi du CO₂ lors de la neutralisation des effluents acides.

Du côté de la soutenabilité sociale, on notera particulièrement la dépendance de l'économie de la Nouvelle-Calédonie à l'industrie du nickel. Celle-ci contribue à 9 % de la valeur ajoutée marchande et 20 % si on cumule les effets directs, indirects et induits (Desmazures, 2021 ; Desmazures et Mapou, 2019). Le secteur est en revanche un important pourvoyeur d'emplois en comptant pour 20 % de l'emploi salarié, et fait vivre de nombreux sous-traitants locaux. Le nickel

⁽²⁾ <https://www.ieom.fr/nouvelle-caledonie/actualites/la-lettre-de-l-ieom/octobre-2022/actualites-economiques-locales/article/decorrelation-du-prix-du-ferronickel-du-cours-du-lme-et-proposition-de-creation-d-un-fonds-nickel-pour-les-generations-futures>

⁽³⁾ <https://www.lnc.nc/article/nouvelle-caledonie/mines/nickel/la-fenetre-de-dix-ans-pour-des-batteries-avec-du-nickel-n-est-pas-obsolete>

⁽⁴⁾ <https://la1ere.francetvinfo.fr/nouvellecaledonie/nickel-contrat-du-siecle-entre-prony-nouvelle-caledonie-et-tesla-1127380.html>



Graphique 3 : Émissions de GES en Nouvelle-Calédonie par secteur (Source : Bilan énergétique Nouvelle-Calédonie 2021, DIMENC).

est aussi un pilier politiquement fortement structurant (Accords de Bercy et de Nouméa, 1998). La répartition des revenus tirés de cette industrie souffre cependant d'une répartition inégale, particulièrement marquée entre le nord et le sud de l'île principale (Kowasch, 2018).

Les attentes possibles autour d'un label « Nickel vert et éthique »

C'est donc dans ce contexte que le gouvernement néo-calédonien a suggéré la création d'un label « Nickel vert et éthique⁽⁵⁾ ». Nous devons tout d'abord revenir sur la notion de label minier que nous allons différencier ici de la certification minière. Cette dernière désigne un processus formel par lequel la production d'un métal est évaluée par rapport à un ensemble de normes. Il en existe une grande pluralité, avec des périmètres très différents – aussi bien en matière de normes ESG (pour environnementales, sociales et de gouvernance) que de types de métaux considérés (Erdmann et Franken, 2022).

Le secteur minier néo-calédonien n'est pas étranger à la certification. La SLN est par exemple certifiée ISO 14001 et 50001, cette dernière certification visant la maîtrise de la consommation énergétique et la réduction de l'empreinte écologique. De son côté, Prony Resources a engagé des démarches visant la certification IRMA – considérée comme ayant le plus haut niveau d'exigences ESG – de la mine de Goro.

La proposition d'un label minier marque la volonté du gouvernement néo-calédonien de valoriser les bonnes pratiques environnementales et sociales mises en place dans le secteur du nickel, afin d'en retirer un gain commercial. Le soutien à la compétitivité du secteur devrait être rendu possible par l'obtention d'une « prime verte », c'est-à-dire un prix plus élevé que celui du

⁽⁵⁾ L'objectif annoncé est de valoriser les bonnes pratiques sociales et environnementales des opérateurs miniers et métallurgistes du territoire, <https://www.linfordurable.fr/la-nouvelle-caledonie-enquete-dun-label-nickel-vert-32116>

marché en contrepartie d'une faible empreinte environnementale - particulièrement la réduction des émissions de GES – et sociale.

Pour le gouvernement néo-calédonien, cette démarche s'inscrit dans le Schéma de transition énergétique (STENC 2.0), qui vise pour 2035 une réduction minimum de 70 % des gaz à effet de serre et un taux de pénétration des énergies renouvelables de 50 % minimum dans le mix énergétique de la métallurgie.

Opportunités commerciales pour un nickel bas carbone

L'analyse des marchés de l'acier, de l'aluminium et du cuivre peut nous renseigner sur les opportunités commerciales pour les produits bas carbone. Selon les estimations de McKinsey⁽⁶⁾, l'obtention d'une prime verte pour ces produits n'est pas systématique et son montant sera le plus souvent limité. Cependant, l'institution note aussi que les métaux à l'empreinte environnementale extrêmement faible – plus à même de se différencier de la concurrence émergente – pourraient obtenir des primes au montant plus élevé.

Pionnier sur le marché, le groupe russe Norlisk parviendrait à obtenir une prime de 4 % par rapport au cours officiel en produisant un nickel émettant 8 tonnes de CO₂ contre 13 tonnes en moyenne pour le reste de l'industrie⁽⁷⁾. Si ces opportunités de prime verte combleront difficilement le différentiel de compétitivité de la Nouvelle-Calédonie avec les autres pays producteurs, elles pourraient en revanche lui permettre d'accéder à ce marché restreint dont l'offre est encore largement sous-développée.

La production d'un nickel de classe 1 « vert » pourrait bénéficier d'un avantage additionnel avec le règlement batterie⁽⁸⁾ porté par l'Union européenne. Celui-ci obligera, à partir du 1^{er} juillet 2027, le respect d'un seuil maximum d'empreinte carbone pour les batteries à destination des véhicules électriques entrant sur le marché européen. Leur composition devrait ainsi s'orienter vers les minerais les moins émissifs en GES, ce que seul un nombre très limité de producteurs sont en capacité de produire.

Il existe cependant des incertitudes associées à la mise en place de ce label, en matière de compétitivité notamment sur l'évolution du coût de l'énergie et de celui des mesures nécessaires pour rendre la production plus respectueuse de l'environnement.

⁽⁶⁾ <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/capturing-the-green-premium-value-from-sustainable-materials#/>

⁽⁷⁾ <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/121021-metals-industry-needs-regulation-or-framework-to-make-green-sales-viable-miners>

⁽⁸⁾ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_20_2311

Attentes pour la soutenabilité du territoire

On peut enfin attendre d'un label « vert et éthique » qu'il comporte un important potentiel transformatif pour l'industrie du nickel. Si l'enjeu est bien de se démarquer des concurrents sur les conditions de production du nickel, on peut imaginer que la Nouvelle-Calédonie puisse aller plus loin que les certifications minières existantes, en particulier s'engager dans une transition écologique à soutenabilité encore plus forte (Blaise et Colin, 2017). La transparence des externalités positives et négatives générées par cette industrie, la réduction des impacts négatifs, et la bonne intégration participative des communautés locales seront indispensables pour assurer la crédibilité nécessaire pour le succès de ce label, dans le cadre d'une activité minière toujours plus inclusive.

Bibliographie

BAILLE J.S. & COLIN F. (2012), « La mine et le traitement des minerais de nickel en Nouvelle-Calédonie », in BONVALLOT J., GAY J. C. & HABERT E., *Atlas de la Nouvelle Calédonie*, IRD, pp. 165-168.

BLAISE S. & COLIN F. (2017), « Principes thermodynamiques et bioéconomie : des outils pour le développement durable des territoires ? », *Économie circulaire et territoires durables. Quels principes et outils ?*, PUF.

COMTE A., SURUN C. & LEVREL H. (2020), « La mise en œuvre du tableau de bord ESGAP en Nouvelle-Calédonie ».

DESMAZURES E. & MAPOU M. (2019), *L'impact du nickel en Nouvelle-Calédonie en 2019*, ISEE.

DESMAZURES E. (2021), *Les comptes économiques rapides de la Nouvelle-Calédonie en 2021*, ISEE.

ERDMANN M. & FRANKEN G. (2022), "Sustainability standard systems for mineral resources: A comparative overview", Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

IEA (2021), "The role of critical minerals in clean energy transitions", IEA, Paris.

KOWASCH M. (2018), "Nickel mining in northern New Caledonia - A path to sustainable development?", *Journal of Geochemical Exploration*, 194, pp. 280-290.

PESCATORI A., BOER L. & STUERMER M. (2021), "Energy transition metals", IMF.

VERTIGOLAB & BIO EKO (2021), « Étude sur le potentiel de diversification économique à soutenabilité forte de la Nouvelle-Calédonie », Études de l'AFD.

Une transition énergétique ambitieuse en Nouvelle-Calédonie, le regard d'un énergéticien

Par Stefan SONTHEIMER

Directeur de TotalEnergies Renouvelables Pacific

Pour qui s'intéresse aux impératifs de décarbonation et de stabilisation du coût de l'électricité d'une industrie ; pour qui s'intéresse aux ressources minérales nécessaires à la transition énergétique ; pour qui s'intéresse enfin aux projets structurants et novateurs pour notre avenir : la transition énergétique en Nouvelle-Calédonie revêt un caractère essentiel et urgent.

Depuis 2016, ce territoire du Pacifique Sud a marqué un tournant dans sa politique énergétique manifestant son souhait de rejoindre les ambitions de l'Accord de Paris.

L'industrie des mines de nickel, première activité économique locale et enjeu stratégique national, représente plus de 75 % de l'ensemble de la consommation électrique de l'île, et pèse lourdement dans son bilan carbone.

Voyons comment, en engageant tous les acteurs concernés, du gouvernement calédonien à l'État français, des métallurgistes aux acteurs de l'énergie, et enfin des décideurs aux citoyens, il est possible de relever le grand défi de notre époque.

En Nouvelle-Calédonie (NC), on connaît « la terre rouge », caractéristique de la richesse de son sous-sol.

Le nickel, l'or vert de ce Caillou, y est exploité depuis presque 150 ans, et l'industrie minière et métallurgique a pris une place prépondérante dans le paysage économique local. À ce jour, l'historique Société Le Nickel (SLN du groupe ERAMET) avec son usine de Doniambo, rejointe en 2011 par Prony Resources New Caledonia (PRNC), dite l'usine du Sud, et en 2013 par KNS, l'usine du Nord, représentent à elles trois le pôle économique le plus consommateur en énergie de tout le pays.

En effet, les *process* de traitement du minerai sont électro-intensifs, et leurs consommations s'élèvent à plus de 75 % de l'ensemble de la consommation électrique calédonienne.

Ce besoin a, en quelques sortes, façonné le paysage de la production d'énergie en Nouvelle-Calédonie, dimensionné en premier lieu pour fournir de l'électricité à l'usine de Doniambo.

Où en est-on ?

La Nouvelle-Calédonie importe 95,6 % de l'énergie qu'elle consomme. Ses importations sont constituées de combustibles fossiles : charbon et produits pétroliers.

De cette forte dépendance aux énergies carbonées, il résulte pour le territoire une triple vulnérabilité à la fois économique, sociale et environnementale. En effet,

le système de production et de consommation d'énergie est extrêmement fragile en termes de sécurité d'approvisionnement et de sensibilité aux prix des énergies importées. De plus, il contribue à l'accroissement des émissions des gaz à effet de serre, et par conséquent à l'aggravation du changement climatique.

L'aspiration légitime à un développement durable, tant pour l'ensemble de la population actuelle que pour les générations futures, impose une modification profonde du système de production et de consommation de l'énergie, afin de le rendre moins dépendant aux importations, plus économe et plus respectueux de l'environnement (source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie – 2021).

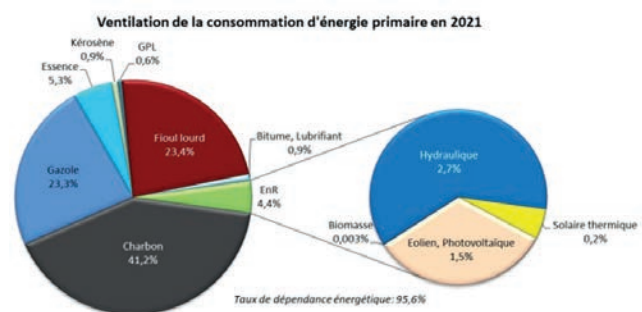


Figure 1 : Consommation d'énergie primaire en Nouvelle-Calédonie (Source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie - 2021).

La production d'électricité de la Nouvelle-Calédonie est assurée à la fois par des centrales thermiques et par des énergies renouvelables représentant respectivement 74,1 % et 25,9 % de la puissance installée totale, laquelle s'élevait en 2021, en incluant les unités de production du secteur métallurgique, à 1 090,3 MW.

À ce jour, 90 % de l'électricité produite est issue de la combustion de matières premières fossiles (charbon, fioul lourd), et la Nouvelle-Calédonie se positionne au septième rang mondial dans le classement 2020 des plus importants pays émetteurs de CO₂ par habitant. Les émissions directes sont de 19 t éq. de CO₂/hab./an.

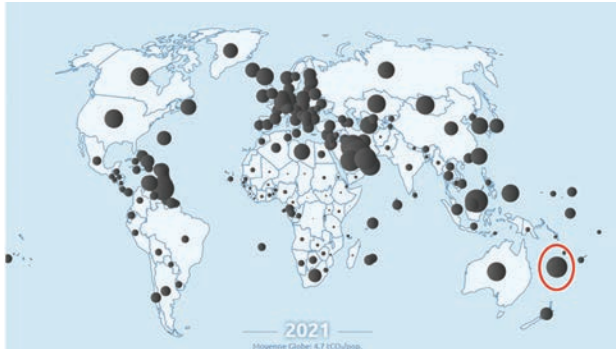


Figure 2 : émissions fossiles (en tonnes éq. CO₂/hab./an) (Source : Global Carbon Atlas- 2021).

Certains outils de production thermiques arrivant en fin de vie (exemple de la fermeture de la centrale électrique de Doniambo et celle programmée de Népoui en 2025), il convient de préparer leur nécessaire renouvellement et s'assurer ainsi d'un engagement fort vers une transition énergétique ambitieuse.

Dans ce contexte, comment réussir la transition énergétique ?

Cette transition doit permettre de répondre aux enjeux de décarbonation de l'industrie minière, et elle passe par le dimensionnement de nouveaux outils de production d'électricité décarbonée, par le renforcement du réseau électrique et le déploiement d'outils de stockage.

Ayant adopté en 2016 son Schéma pour la transition énergétique (STENC), la Nouvelle-Calédonie exprime ainsi le souhait d'être incluse dans le champ d'application de l'Accord de Paris, issu de la COP 21 (2015), et de définir sa contribution en vue de réduire les émissions de GES du territoire. Avec trois objectifs ambitieux, la NC s'est engagée à :

- Objectif n° 1 : réduire les consommations énergétiques.
- Objectif n° 2 : accroître la part des énergies renouvelables (pour atteindre entre autres 100 % de la consommation de la distribution publique).
- Objectif n° 3 : réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Exemples industriels

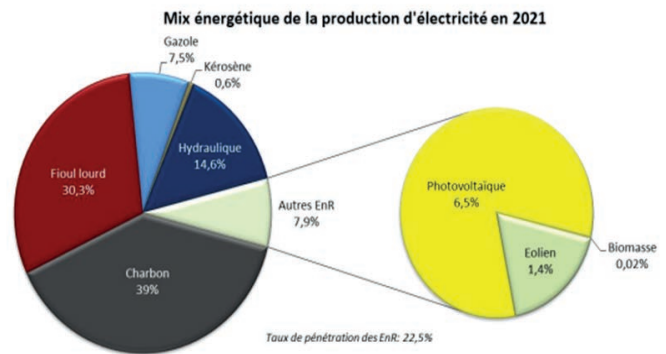


Figure 3 : Mix énergétique de la production d'électricité en Nouvelle-Calédonie (Source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie - 2021).

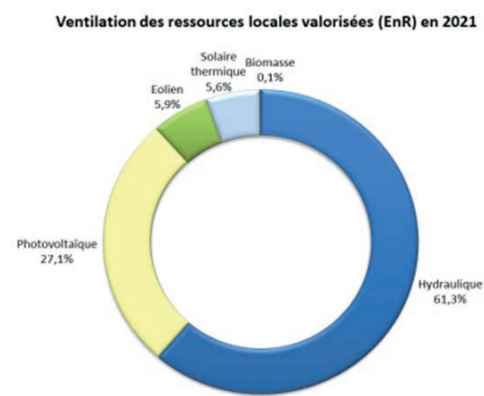


Figure 4 : Répartition des sources d'énergies renouvelables valorisées en Nouvelle-Calédonie (Source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie - 2021).

Grâce à la baisse considérable des coûts d'investissements du photovoltaïque cette dernière décennie, l'objectif n°2 est en passe d'être atteint.

En Nouvelle-Calédonie, le paysage des EnR (énergies renouvelables) a rapidement évolué ces dix dernières années, avec en particulier le développement du photovoltaïque, implanté principalement sur toute la côte ouest de la Grande-Terre comme l'indique la carte ci-contre.

À partir de 2024, l'électricité de la distribution publique sera couverte à 100 % par des énergies renouvelables en journée.

Cet essor est le résultat de facteurs combinés : une volonté politique alliée aux compétences des entreprises locales qui ont ainsi permis la réalisation de 25 centrales solaires, mais également d'un parc éolien s'ajoutant à la production hydraulique. Ces outils de production sont complétés par les installations individuelles et collectives de moins de 250 kWc (kilowatt-crête), qui ont contribué au verdissement de la production d'énergie.

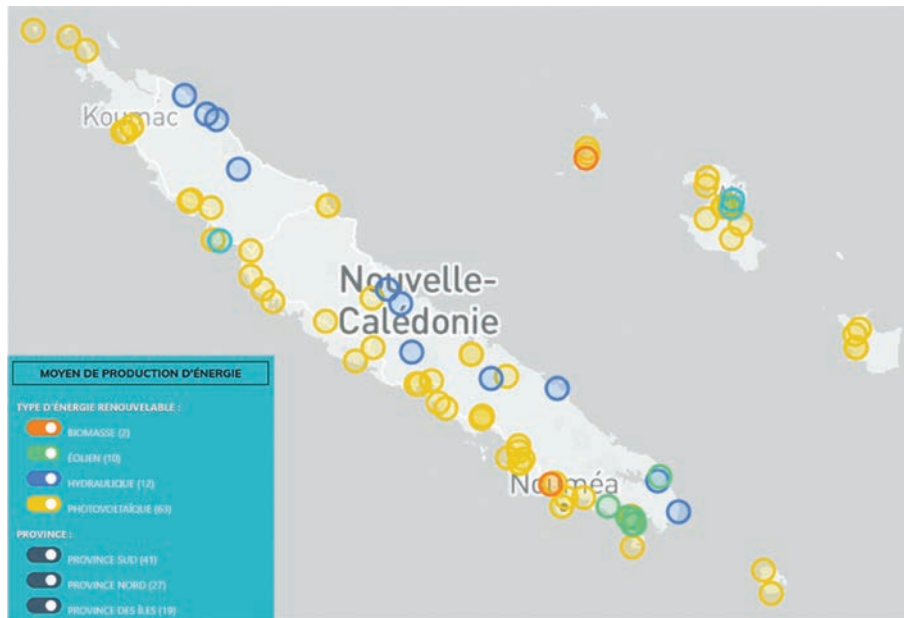


Figure 5 : Répartition par province et par type de ressource de tous les outils de production EnR en Nouvelle-Calédonie (Source : Agence Calédonienne de l'Énergie, mise à jour antérieure à mai 2022).

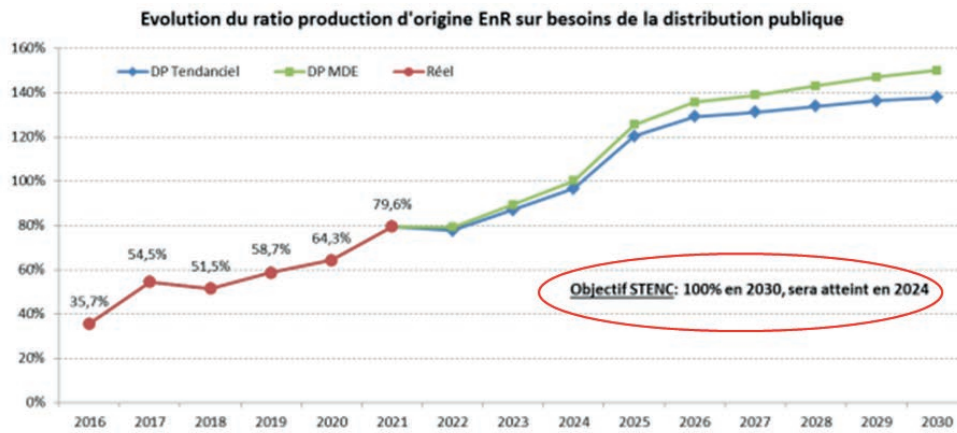


Figure 6 : Évolution de la part du renouvelable pour satisfaire les besoins de la distribution publique (Source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie - 2021).

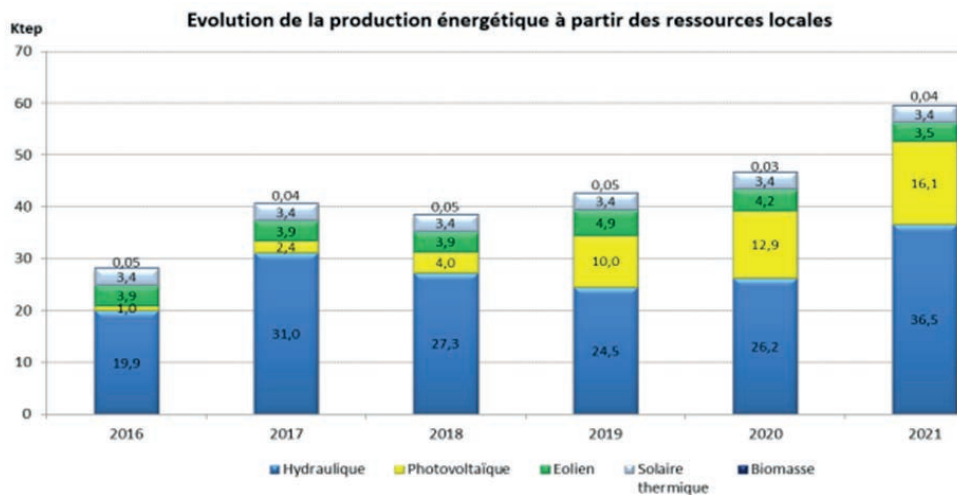


Figure 7 : Évolution de la part des EnR dans la production énergétique en Nouvelle-Calédonie (Source DIMENC : Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie – 2021).

Si la première mesure pour réduire notre impact sur le climat doit être de décarboner la production d'électricité et notamment celle des métallurgistes, la deuxième mesure sera de passer d'un parc de véhicules thermiques à un parc de véhicules propres, y compris pour les mines. Enfin, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments devra également être priorisée afin de diminuer les consommations d'électricité.

La mise à jour du STENC à horizon 2030⁽¹⁾ (le STENC 2.0) fixe de nouvelles ambitions, avec l'objectif global d'atteindre d'ici 2035 une réduction minimum de 70 % des gaz à effet de serre par rapport à 2019 :

- Ambition 1 : verdir l'industrie minière et métallurgique, avec un taux de pénétration des EnR de minimum 50 % dans le mix énergétique Métallurgie en 2030.
- Ambition 2 : développer la mobilité décarbonée, avec l'objectif d'ici 2030 d'avoir 18 500 véhicules électriques au minimum en circulation, et représentant 50 % des nouvelles ventes.
- Ambition 3 : accélérer la transition énergétique du territoire, l'objectif en 2030 étant une baisse de 30 % minimum de la consommation énergétique du secteur résidentiel et tertiaire par rapport à 2019.

L'ambition de décarbonation portée dès 2019 par PRNC s'est concrétisée par un appel à manifestation d'intérêt pour un projet solaire avec stockage, remporté par TotalEnergies fin 2021.

La trajectoire prévue sur dix ans repose sur le développement massif de centrales photovoltaïques (1 000 MWc), adossées à des outils de stockage développés sur du court terme (100 MW / 300 MWh de batteries) et du long terme (STEP, jusqu'à 300 MW / 1 800 MWh), ainsi que des unités de production de pointe (gaz) qui devront être installées au plus près de chaque usine.

⁽¹⁾ Cette nouvelle version n'a pas encore fait l'objet d'un vote par le Congrès de la Nouvelle-Calédonie.

Afin d'engager les premières actions de l'ambition 1, le gouvernement de Nouvelle-Calédonie a signé en mai 2022 un Accord-Cadre Métallurgie avec le gestionnaire du réseau de transport d'électricité Enercal, la province Sud et les industriels SLN et PRNC. Cet accord a pour objectif d'engager la décarbonation du nickel calédonien, et de parier sur les EnR pour alimenter les usines. Cette alimentation en énergie verte repose sur le postulat que les métallurgistes sortent d'un modèle d'auto-production, et s'arment au réseau électrique et aux nouvelles ambitions du STENC 2.0.

Des acteurs et une filière au service d'un défi majeur ...

La Nouvelle-Calédonie présente des défis uniques en termes d'enjeux climatique et industriel : aucun territoire national ou européen ne rassemble simultanément une filière industrielle fortement électro-intensive et des caractéristiques aussi favorables à la production d'EnR, notamment d'origine photovoltaïque.

En effet, la Nouvelle-Calédonie possède une formidable disponibilité de sources d'énergies d'origine renouvelable (ensoleillement, régime des alizés, hydrologie) et disponibilité de réserves foncières favorables à l'installation de grandes centrales solaires. À cela viennent s'ajouter des compétences locales fortes grâce à une filière spécialisée et structurée, et la présence de grands énergéticiens (TotalEnergies, Engie) en capacité de développer et d'exploiter des outils de grande taille, dimensionnants pour le réseau, et nécessitant des investissements massifs.

Présent depuis plus de vingt ans en Nouvelle-Calédonie, TotalEnergies Renouvelables occupe une place majeure dans la dynamique de cette transition avec 90 MW d'actifs exploités en 2022, dont 70 MWc de solaire photovoltaïque au sol, et près de 170 MWc de projets photovoltaïques autorisés à construire d'ici 2025.



Figure 8 : Source : centrales solaires Hélio Boulouparis 1 & 2 (respectivement 12 MWc, 15,8 MWc + 9,5 MWh ESS).
Crédit photo : TotalEnergies – Héos Marine Pacifique.

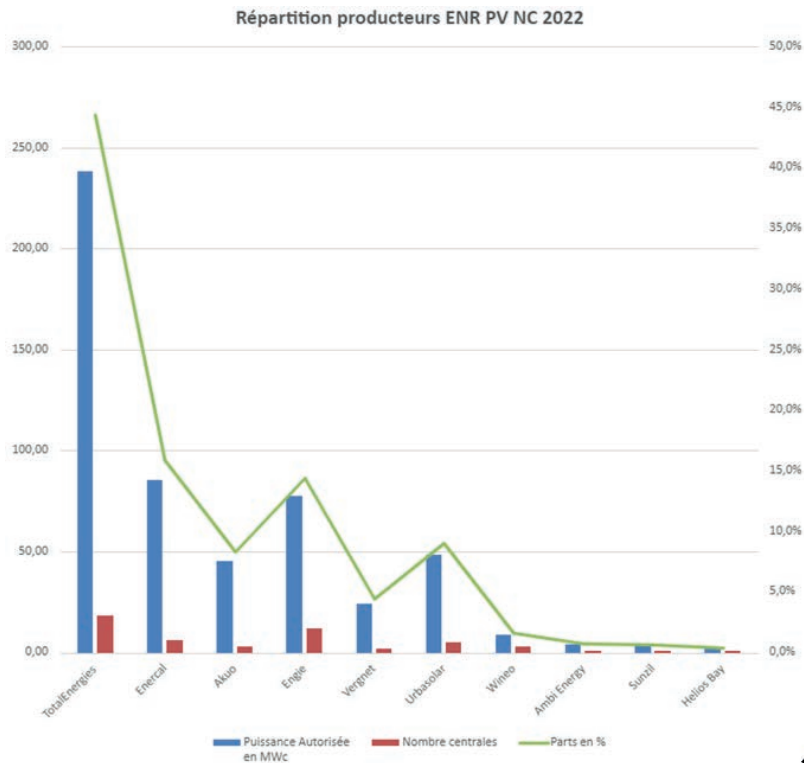


Figure 9 : Classement des producteurs de solaire photovoltaïque en NC (Source : TotalEnergies, 2022).

Le déploiement d'énergie verte à grande échelle contribuera au renforcement de la compétitivité de cette industrie du nickel grâce à un kWh meilleur marché que celui issu à ce jour des équipements qui fonctionnent au charbon (Prony Energie) ou au fioul (pour la centrale accostée temporaire de la SLN).

Une des forces de la Nouvelle-Calédonie, pour réussir cette transition énergétique et permettre à l'industrie métallurgique de décarboner la production de nickel, repose sur le cadre réglementaire stable de ce territoire

et sur le soutien de la population calédonienne, qui se montre favorable à une plus grande autonomie énergétique par rapport à des énergies fossiles importées et extrêmement polluantes.

Toutefois, cette transition ambitieuse ne pourra se concrétiser qu'à la condition de réunir des éléments essentiels, fondements même d'un écosystème durable.

Ces éléments sont de trois ordres : politiques et sociétaux, économiques, et environnementaux.



Figure 10 : Centrale accostée temporaire (CAT) au fioul de la SLN pour l'alimentation électrique de Doniambo (Crédit photo : Outremers 360°, nov. 2022).

Le défi est de taille, car, pour ce territoire de 270 000 habitants, il faudra garantir économiquement les grands investissements nécessaires, travailler à une acceptation pleine et entière des futurs outils de production par la population, avec des projets qui devront s'intégrer durablement et harmonieusement dans ce paysage remarquable et préservé, avec des écosystèmes regorgeant d'une biodiversité exceptionnelle.

L'accompagnement et le soutien de la France seront indéniablement les leviers incontournables de cette réussite, et pourraient utilement se concrétiser par le biais de garanties financières de l'État adossées aux contrats de vente de l'énergie sur le réseau calédonien.

En effet, pour pouvoir investir massivement et sereinement dans ces outils structurants, les producteurs auront besoin de visibilité sur le long terme.

Les acteurs (gouvernement, Enercal, producteurs, métallurgistes) de ce grand chantier de la transition devront être mobilisés, solides, engagés, pragmatiques et visionnaires.

Avec l'ambition d'être un acteur majeur de la transition énergétique et d'atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, TotalEnergies est en parfaite adéquation avec les ambitions de ce territoire du Pacifique.

Bibliographie

DIMENC, Rapport d'activité relatif à la mise en œuvre du Schéma pour la transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie – 2021.

<https://dimenc.gouv.nc/energie/le-schema-pour-la-transition-energetique-de-la-nouvelle-caledonie-stenc>

<http://www.globalcarbonatlas.org/fr/CO2-emissions>

<https://www.agence-energie.nc/>

<https://observatoire-energie.gouv.nc/>

<https://www.usinenouvelle.com/article/une-centrale-au-fioul-flottante-pour-securiser-la-production-de-la-sln-en-nouvelle-caledonie.N2039112>

<https://www.usinenouvelle.com/article/du-solaire-signe-totalenergies-pour-le-nickel-caledonien.N1782412>

<https://totalenergies.com/fr/medias/actualite/communiqués-presse/Nouvelle-Caledonie-TotalEnergies-et-Prony-Ressources-New-Caledonia-s-associent-pour-la-transition-energetique>

<https://www.pronyresources.com/fr/media-et-presse/totalenergies-et-prony-ressources-new-caledonia-s-associent-pour-la-transition-energetique-du-territoire-au-travers-d-un-projet-solaire-de-160-mw>

La SLN en Nouvelle-Calédonie vise la production d'un nickel moins carboné

Par **Nathalie BAKHACHE**

Secrétaire générale de la Société Le Nickel (SLN)

Et **Charles DUBOIS**

Directeur Technique, Stratégie et Excellence opérationnelle de SLN

La Société Le Nickel est l'un des premiers producteurs mondiaux de ferronickel, indispensable à la fabrication d'aciers inoxydables, de batteries et d'aimants permanents, nécessaires à la transition énergétique. Le nickel est ainsi reconnu comme une matière première critique par la Commission européenne. Son exploitation et sa production sont aussi essentielles à la Nouvelle-Calédonie, occupant environ 10 000 emplois directs, indirects et induits. En concurrence mondiale, la Nouvelle-Calédonie doit répondre à deux défis : le prix de l'électricité et l'accès aux ressources, qui présuppose une acceptabilité de l'exploitation par les différentes parties prenantes, ce qui implique notamment une réduction de son empreinte carbone, tant par des économies d'énergie que par de nouvelles sources d'énergies décarbonées pour l'alimenter. L'investissement requis suppose en retour une visibilité de long terme sur l'accès à la ressource.

Filiaire du groupe français Eramet, basée en Nouvelle-Calédonie, la SLN (Société Le Nickel) figure parmi les premiers producteurs mondiaux de ferronickel, destiné au marché de l'acier inoxydable. Cette entreprise plus que centenaire, creuset de multiples générations, occupe une place hors norme dans cet archipel du Pacifique Sud et même au-delà. Deux difficultés majeures la pénalisent toutefois au regard du fonctionnement de son procédé pyrométallurgique extrêmement énergivore : le coût de l'électricité fournie et la sécurisation de l'alimentation de son usine en minerai riche. Par la signature d'une convention en

février 2022, la SLN et le gouvernement calédonien se sont inscrits dans une trajectoire ambitieuse, dont un des objectifs est d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. La signature d'un accord-cadre construit avec un métallurgiste du pays, des institutions et le producteur d'électricité, a suivi pour préciser les séquences en vue de la décarbonation du mix électrique de la Nouvelle-Calédonie et un prix compétitif. La SLN aborde avec volontarisme ce tournant vers la neutralité carbone, en travaillant sur des projets de décarbonation sur son site industriel et ses mines.



Figure 1. Les implantations de la SLN (Source : SLN).

Quelle famille ou quel clan en Nouvelle-Calédonie n'a pas eu ou n'a pas aujourd'hui un de ses membres qui travaille dans la grande maison qu'est la SLN ? L'activité de l'entreprise plus que centenaire et spécialisée dans la production de ce métal stratégique est intimement liée à la vie de ce territoire de 270 000 habitants. Ce lien entre un territoire isolé, dont la population et la taille sont réduites, et une industrie de classe mondiale ne se retrouve nulle part ailleurs. Les destins de l'entreprise et de l'archipel sont mêlés, autant dans les villages miniers qu'à Nouméa où siègent les institutions.

Cette exception s'explique tout d'abord par l'héritage historique, depuis la découverte d'une matière de couleur verte dans la vallée de la Dumbéa en 1864 par l'ingénieur Jules Garnier, la formation de la Société Le Nickel en 1880, ou encore la mise en service de l'usine de Doniambo à Nouméa en 1910. Kanaks, descendants d'Européens, Wallisiens, Vietnamiens, Indonésiens, Tahitiens... toutes les ethnies ont œuvré et œuvrent dans cette entité de classe internationale qu'est la SLN ; les événements de l'entreprise circulant ainsi parmi les générations et dans les mémoires. « La vieille dame », comme les Calédoniens appellent parfois affectueusement la société, est le premier employeur privé du territoire avec 2 300 salariés. Mille se retrouvent sur le site industriel à Nouméa, tandis que l'autre moitié exerce dans les cinq centres miniers. Un double rééquilibrage, notion chère à la politique calédonienne, s'opère ainsi entre les provinces Sud et Nord, mais aussi entre les côtes Est et Ouest. L'effet de l'activité est considérable sur l'économie. La masse salariale de la SLN pèse 160 millions d'euros par an (salaires directs et salaires indirects versés chez les fournisseurs de rang 1). Si on fait la masse des salaires versés directement par la SLN et les deux autres usines (KNS au Nord et Prony Ressources au Sud), mais aussi de ceux versés aux fournisseurs et au-delà de ceux perçus par les personnes dont l'activité dépend des revenus assurés par ces usines, ce sont près de 520 millions d'euros qui sont injectés dans les circuits économiques de l'île (512 M€). Sur la Grande Terre (l'île principale) sont comptabilisés 13 200 emplois directs et indirects et induits, parmi un peu plus de 100 000 actifs dans la collectivité. Le lien entre la Société Le Nickel et la population est aussi capitaliste, puisque l'accord de Nouméa paraphé en 1998 par le RPCR loyaliste, le FLNKS indépendantiste et l'État, suivi de deux autres négociations spécifiques, a officialisé la constitution de la Société Territoriale Calédonienne de Participation Industrielle, représentant les provinces du pays au sein de la SLN à hauteur de 34 %.

Quand la SLN, mineur et métallurgiste, est malade, la Nouvelle-Calédonie tousse. Voilà pourquoi l'entreprise et le gouvernement local ont souhaité, par une signature en février 2022, s'inscrire dans une trajectoire de long terme vertueuse. Un acte capital, notamment pour relever deux défis majeurs auxquels l'industriel doit faire face. Deux faiblesses majeures : le prix de l'électricité et l'accès aux ressources

La SLN transforme chaque année entre 2 et 3 millions de tonnes de minerai en alliage de nickel à travers son procédé pyrométallurgique robuste répliqué partout dans le monde, pleinement maîtrisé localement, au rendement nickel exceptionnel de plus de 96 %. Malheureusement, l'entreprise est déficitaire depuis dix ans et connaît une situation critique.

Pour que la SLN puisse tourner à plein régime, mines et usine, elle doit pouvoir accéder à ses gisements ; condition également pour maintenir les retombées positives sur l'ensemble du territoire : poursuivre le rééquilibrage Nord-Sud-Est-Ouest en maintenant le dynamisme de sites miniers ou en ouvrant de nouveaux gisements. L'accès aux ressources est infiniment complexe pour différents motifs. Il est long, coûteux et difficile d'obtenir des autorisations d'exploiter et d'exporter. Des demandes doivent être adressées à différentes autorités (gouvernement pour l'export de minerai, provinces pour l'exploitation) sur la base de différents cadres juridiques (un code minier, un code de l'environnement par province). À cela s'ajoutent des délais d'instruction extrêmement longs, au-delà de ce que prévoient les textes : deux ans plutôt que six mois pour une autorisation, lorsqu'elle est signée. Une mine ne s'exploite qu'avec une pleine acceptation des parties prenantes de proximité, qui ont tendance à rejeter cette activité ou encore à exprimer de très fortes attentes sur ses retombées financières. Sur ses onze sites miniers, la Nouvelle-Calédonie fait face à une géopolitique propre à chacun d'eux.



Photos de la centrale accostée temporaire dite CAT (© SLN).

La facture d'électricité est le désavantage compétitif majeur de la SLN face à une concurrence impitoyable du nickel dit "pig iron" (fonte de nickel) produit à bas coût en Chine et en Indonésie : la SLN qui paie aujourd'hui son électricité un peu moins de 160 € le mégawattheure, quand les industries hyper électro-intensives métropolitaines l'achètent au plus 50 €, tout comme d'ailleurs les principaux concurrents en Indonésie avant la hausse du prix du charbon. Soit quatre fois moins cher. La dépense énergétique, de l'ordre de 200 millions d'euros par an, représente la moitié de la structure de coûts de l'usine de la SLN. En effet, près des trois-quarts de la consommation électrique s'appuient sur un outil thermique basé sur du fuel lourd. L'ancienne Centrale B de 1972 a laissé la place à une « centrale accostée temporaire » dite CAT, louée à la compagnie turque Karpowership et mise en service fin 2022. Certes, la CAT a des rendements bien meilleurs, mais le fuel lourd reste un combustible coûteux : plus de 80 dollars US le baril fin mai. De plus, l'usine de Doniambo consomme, pour 20 % de son besoin, l'électricité issue du barrage de Yaté, une infrastructure construite il y a plus de soixante ans au service de l'industrie métallurgique. Très intéressant à

l'origine (environ 20 dollars par mégawattheure), le prix de l'hydroélectricité pour la SLN est désormais facturée à un tarif qui n'est finalement pas si éloigné de ce que coûte l'énergie au fuel, à près de 150 dollars par mégawattheure.

L'autre enjeu majeur pour la SLN à terme est de décarboner son *process*, qui a aujourd'hui une importante empreinte carbone. Le procédé pyrométallurgique, avec ses trois fours Demag pour le traitement du minerai saprolitique, est énergivore et émissif. La SLN émet, dans son ensemble, 1,8 millions de tonnes de CO₂ par an environ, dont près de la moitié liée à la consommation électrique, sur les 5 millions de tonnes produites en Nouvelle-Calédonie (18,5 tonnes de CO₂ par Calédonien à comparer à 4,4 tonnes en moyenne émises par habitant dans le monde). 95 % des émissions de CO₂ proviennent de l'usine de traitement du minerai, et le reliquat, des mines. Néanmoins, la maîtrise du procédé pyrométallurgique (rendement de plus de 96 %) par la SLN conduit à une intensité carbone de 36,6 tonnes de CO₂ par tonne de nickel produit, ce qui positionne l'opérateur d'Eramet sur le Caillou à peu près en milieu de peloton des producteurs mondiaux du métal.

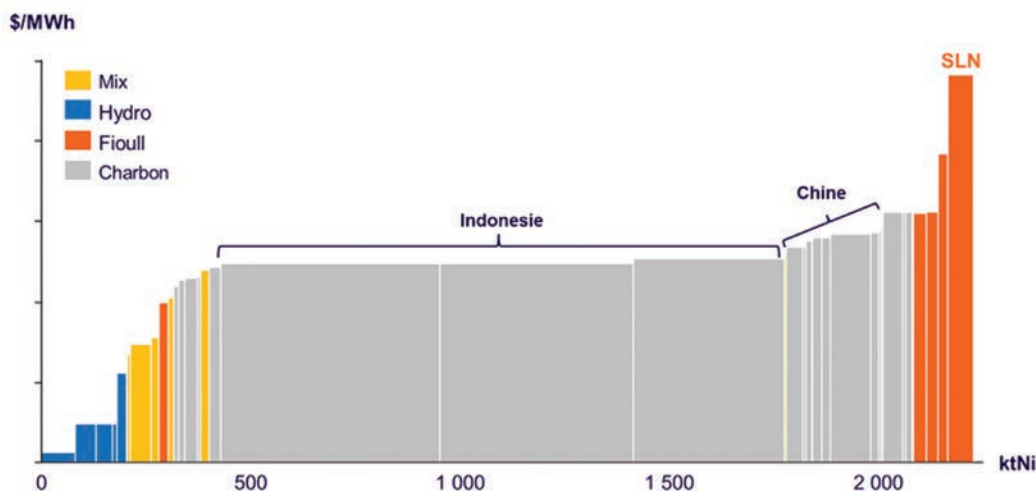


Figure 2. Prix de l'électricité des producteurs métallurgiques de nickel (Source : Wood McKenzie).

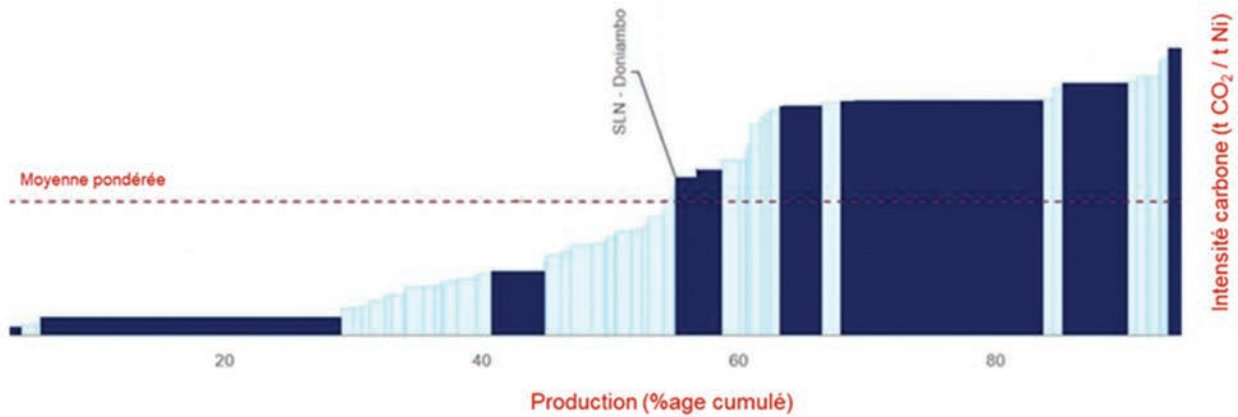


Figure 3. Intensité carbone Scope 1 et 2⁽¹⁾ des producteurs de nickel (Source : Wood McKenzie, 2021).

⁽¹⁾ Scope 1 : émissions primaires (procédé, activité de production) ; Scope 2 : émissions liées à la production d'électricité.

Réduction de la consommation d'énergie

La certification ISO 50 001 audité chaque année, obtenue en 2019 pour l'usine et en 2020 pour les mines, démontre la volonté de l'entreprise de maîtriser ses consommations d'énergie. Ce système de management de l'énergie permet de se focaliser sur les plus grosses consommations et de travailler sur leur diminution. À l'usine de Doniambo, l'attention est portée sur l'utilisation de l'électricité et sa rationalisation : maîtrise du *process* métallurgique et chasses aux fuites. Dans les centres miniers, la diminution de la consommation de gasoil des engins miniers est recherchée, en collaboration avec les techniciens sur le terrain, avec par exemple l'aménagement des accès aux mines et la réduction des distances de roulage.

Conversion des brûleurs et capture

Des options techniques sont également étudiées, telles que la récupération de chaleur fatale, la mobilité électrique sur mines, ou encore le remplacement du combustible charbon ou fioul pour le séchage et la calcination du minerai par du gaz naturel, qui permettrait d'éviter 10 % d'émissions de CO₂ à l'horizon 2035.

Une autre piste concerne la substitution partielle du réducteur charbon ou anthracite par des bio-réducteurs, par exemple du charbon de bois. Diverses étapes de recherche et développement sont nécessaires, notamment sur la filière de production de biomasse. L'enjeu est crucial : la carbo-réduction métallurgique se place au cœur du métier. L'atome de carbone réduit les oxydes de fer et de nickel du minerai, ce qui génère le CO₂. La mise en place de technologies de capture du CO₂ est envisagée à terme. Des travaux sur son stockage



Photo du site industriel de Doniambo (© SLN).

in situ sont actuellement menés, la constitution du sous-sol péridotique calédonien étant très favorable. Cette technique est déjà opérationnelle en Islande par exemple. La réduction à l'hydrogène sera également à étudier, comme c'est le cas pour les sidérurgistes.

Une prévision de - 55 % de CO₂ en 2035 avec le mix électrique

L'urgence climatique, la prise de conscience après la publication des rapports du GIEC et le passage de phénomènes extrêmes sur le territoire, mais aussi la logique de marché, ont donc invité à une impulsion traduite dans un document de référence : « La Convention relative à la nouvelle trajectoire pour la Société Le Nickel », signée en février 2022 avec le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie. Des engagements distincts soutiennent une ambition commune. La SLN lance des études pour sa feuille de route de décarbonation ; elle intensifie sa démarche responsabilité sociétale d'entreprise (RSE) » et un plan d'action d'intégration industrielle à Nouméa...

De son côté, l'exécutif local autorise l'entreprise à exporter 2 millions de tonnes de minerais supplémentaires chaque année, soit 6 millions de tonnes en tout, et s'investit dans la conception d'un schéma de transition énergétique, afin de pouvoir proposer à la SLN en particulier une énergie propre et un tarif d'électricité rapidement compétitif jusqu'à 50 dollars du mégawattheure. Ce niveau de prix permettrait à la société de maintenir à flot son industrie et de financer sa décarbonation. Une partie pourra être réalisée d'ici 2035 avec un objectif de - 55 % d'émissions de CO₂, cible cohérente avec celle du groupe Eramet. La compagnie pilotée par la PDG Christel Bories suit attentivement les travaux, et pour cause, la moitié des émissions de CO₂ de la maison mère provient de la filiale calédonienne.

Un document structurant, signé un peu plus tard, en mai 2022, et dénommé « Accord-cadre, évolution du paradigme énergétique de la métallurgie du nickel : décarbonation », soutient cette nouvelle voie et cet objectif à 2035. La SLN, Prony Resources New Caledonia, l'opérateur de l'usine hydrométallurgique dans le Sud, mais aussi le gouvernement

calédonien, la province Sud, et le producteur et distributeur d'électricité Enercal, ont posé sur le papier la trajectoire de décarbonation du mix électrique. Un partenariat ambitieux, puisque le document précise, année par année jusqu'en 2035, la puissance à installer en énergies renouvelables et en moyens de stockage. Avec un but clair : passer la part des énergies renouvelables, plutôt que des sources carbonées, d'environ 20/80 % à environ 70/30 %. Ce changement majeur va s'appuyer sur trois piliers selon le plan : la mise en production d'énergies photovoltaïques à hauteur minimum de 100 mégawatts-crête par an, l'installation de technologies de stockage (station de transfert d'énergie par pompage ou STEP, batteries à grande capacité), et enfin la mise en route d'unités de production d'électricité à base de moteurs au gaz dans le but de garantir l'approvisionnement électrique à tout moment. L'orientation de l'accord-cadre va avoir bien sûr un effet direct sur la feuille de route de la SLN. Si le programme à l'échelle du pays se déroule sans accroc et tel que prévu, 45 % environ des émissions de CO₂ de la SLN vont disparaître grâce à l'arrivée d'une électricité décarbonée dans son réseau.

Pour la SLN, le recours à la « centrale accostée temporaire » ou CAT s'insère également dans cette optique. Sa souplesse permet de faciliter la consommation d'énergies renouvelables solaires à l'usine Doniambo tout en stabilisant le réseau électrique calédonien. Elle consomme 30 % de moins de combustibles que l'ancienne centrale pour la même production d'énergie. Mais la location de cette structure flottante s'achève en 2025. L'accord-cadre doit ensuite pleinement jouer son rôle, mais la visibilité manque. Le deuxième Schéma de transition énergétique de la Nouvelle-Calédonie ou STENC 2.0 et ses applications sectorielles n'ont toujours pas été votés au Congrès local. L'ambition est grande : l'arrêt des centrales thermiques au fioul et au charbon en Nouvelle-Calédonie, le déploiement des énergies renouvelables à destination du secteur de la métallurgie, et la transformation du parc de véhicules routiers. Une impulsion pourra venir de Paris à travers le groupe de travail sur le nickel et l'énergie souhaité par la Première ministre Élisabeth Borne. Ses conclusions, tout comme celles des autres ateliers thématiques sur le développement économique, alimenteront le projet d'avenir de la Nouvelle-Calédonie.

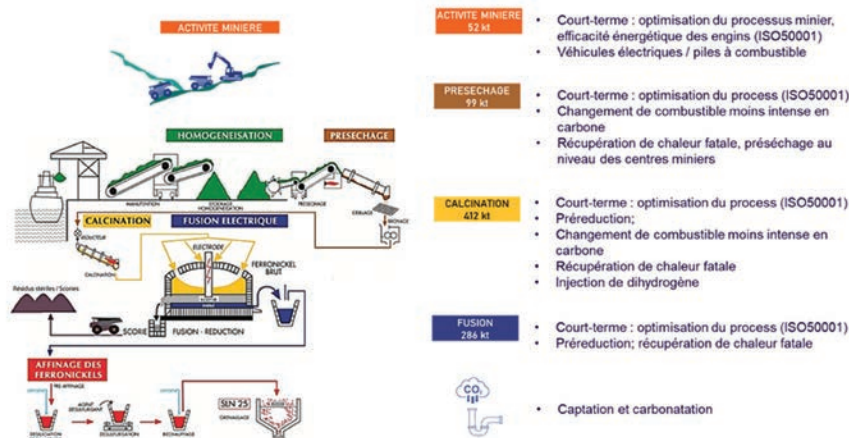


Figure 4. Décarboner les émissions primaires de la SLN (2020) : des pistes à étudier à chaque étape du *process*, et encore de nombreuses à explorer.

Un accès à la ressource qui doit être sécurisé et qui contribue à l'intensité carbone

L'avantage compétitif de la Nouvelle-Calédonie est son minerai riche en nickel. Cette richesse contribue à réduire l'empreinte carbone du ferronickel produit sur le territoire : plus le minerai est riche, moindre est le besoin d'énergie pour fondre et produire une tonne de nickel ! La SLN a donc besoin d'accéder et d'exploiter ses gisements en adoptant les meilleures pratiques sociales, sociétales et environnementales. S'agissant de l'accès aux ressources et de l'acceptation de l'exploitation, seul un projet pays pour le nickel décliné pour chaque province, repris au niveau de la commune et

pour chaque unité district / tribu, permettra de faire que chacun participe à un projet dont il comprend mieux l'impact positif. Et cela permettra de responsabiliser les élus locaux, mais également les autorités coutumières dans la formalisation de l'acceptation effective de projets d'exploitation minière avec retombées négatives et positives connues préalablement pour les industriels.

La décarbonation du ferronickel de la SLN en 2050 a un coût, estimé à plusieurs centaines de millions d'euros. Ce montant important, cohérent avec l'actuelle littérature, ne peut être soutenu qu'avec les pouvoirs publics. Comme l'indique Sébastien Jolivet, responsable de la feuille de route « décarbonation » à la SLN : « On parle d'urgence climatique, nous n'aurons donc pas le droit à 36 essais. Les projets vont devoir fonctionner du premier coup. Il faut aller droit au but. »

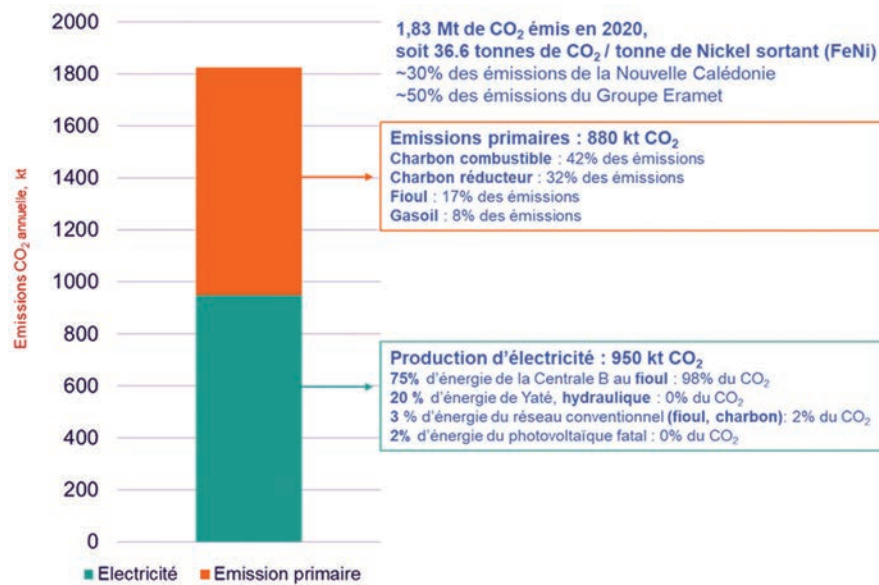


Figure 5. Les émissions de CO₂ de la SLN (chiffres 2020) (Source : SLN).

Produire et stocker l'électricité pour décarboner les systèmes insulaires

Par Thierry DÉAU⁽¹⁾

Président-directeur général de Meridiam

En région outre-mer, le développement du réseau électrique est confronté à des contraintes majeures, notamment l'isolement géographique et une forte croissance démographique. Le déploiement de la Station de transfert d'énergie par pompage (STEP) en Martinique, présenté dans cet article, illustre comment ces contextes particuliers permettent la mise en œuvre économique et significative d'infrastructures énergétiques, même à petite échelle. Cette infrastructure hybride, combinant une technologie mature avec de nouveaux moyens innovants, contribuera dès 2024 à répondre aux nombreux défis de développement territorial en Martinique, tels que l'indépendance énergétique, la stabilité et décarbonation du réseau, ainsi que le développement de l'économie agricole locale et la sécurité incendie.

Dans cet article, nous présentons une solution pour la Martinique où le réseau électrique, pour se décarboner et faire face à sa croissance, doit développer des solutions de stockage innovantes. La solution technique de station de pompage n'est pas nouvelle, mais son dimensionnement en « micro-STEP » permet une adaptation à des géographies qui n'ont pas de capacité foncière à créer un réservoir naturel ou artificiel, et offre une solution pour des régions denses dont le réseau a avant tout besoin de stockage et d'inertie pour compenser l'insularité.

La solution décrite ci-après, développée avec notre partenaire Nature and People First, fait bénéficier ces îles des technologies les plus innovantes, pour accroître leur indépendance énergétique au meilleur coût.

Contexte : territoire isolé non interconnecté

Les territoires outre-mer se caractérisent en général par un contexte insulaire aux caractéristiques géographiques contraignantes à plusieurs titres (région montagneuse ou volcanique, forêt équatoriale...), avec des petits (ou très grands) espaces et une biodiversité riche les rendant particulièrement sensibles aux aléas climatiques. Étant donné leur éloignement géographique, ces territoires ne sont pas connectés à un réseau électrique englobant (Zone non interconnectée - ZNI), et sont fortement dépendants aux énergies fossiles importées représentant encore souvent plus de 80 % de la capacité de production. Qui plus est, les infrastructures y sont déficitaires, renforçant encore la fragilité du système électrique. L'ensemble de ces contraintes résulte en un coût d'approvisionnement en électricité supérieur à celui de la métropole, nécessitant la mise en place d'une péréquation tarifaire.

⁽¹⁾ Remerciements à Sarah FAVRE et Xavier PLOQUIN pour leur participation à la rédaction de cet article.

La loi de transition énergétique pour la croissance verte a fixé comme objectif d'atteindre 100 % d'énergies renouvelables (ENR) en outre-mer d'ici à 2030, avec un mix énergétique diversifié.

Malheureusement, le contexte d'« île énergétique » rend difficile l'intégration de larges proportions d'ENR dans le mix. De nouvelles sources de flexibilité apportant des services différenciés doivent donc être mises en place et développées, pour permettre d'assurer la stabilité du système et de garantir la sécurité d'approvisionnement, à un coût acceptable pour la collectivité nationale qui assure la péréquation tarifaire dans ces zones.

L'État a introduit la Contribution au service public de l'électricité (CSPE), payée par tous les Français, qui permet de financer la péréquation tarifaire. La Commission de régulation de l'énergie (CRE) est chargée de faire l'analyse coûts-bénéfices de projets, en s'assurant que le tarif réglementé pour le contrat d'achat d'électricité est inférieur au montant des surcoûts de production et de renforcement de réseaux évités.

Outre-mer : vitrine de la transition énergétique grâce à un contexte propice aux démonstrateurs

Dans ce contexte, les outre-mer constituent des terrains d'expérimentation des savoir-faire français et européen pour répondre à ces enjeux, du fait de :

- la taille réduite des territoires permettant l'expérimentation en vraie grandeur. Les réseaux sont limités en nombre de points desservis et en étendue géographique (à l'exception de la Guyane) ;
- la faiblesse de leur demande en énergie finale favorisant le développement de petits systèmes énergétiques (micro-production), en l'absence d'industrie lourde ;

- l'isolement, par rapport aux grands réseaux de distribution d'énergie, encourageant de développer des solutions locales autonomes et innovantes.

Cela présente l'opportunité de faire de la transition énergétique un levier d'innovation et de développement endogène et durable des outre-mer face au changement climatique, tout en stimulant le développement économique des territoires.

Meridiam, en tant que spécialiste des infrastructures de la transition, élabore actuellement deux projets dans les outre-mer : une centrale hydrogène en Guyane et une station de transfert d'énergie par pompage en Martinique.

Nous présentons ici le projet martiniquais, qui repose sur des technologies matures mais les replace dans un contexte de réseau du futur.

STEP : une solution pour décarboner les moyens de production de pointe

Contexte et enjeux du territoire

La mission de la CRE en Martinique a mis en évidence la fragilité du système électrique martiniquais (représenté dans la Figure 1), reposant principalement sur des moyens thermiques (centrales diesel et biomasse pour la base, turbines à combustion pour la pointe) et caractérisé en particulier par :

- un déséquilibre entre la localisation des moyens de production au Nord et au Centre et les principales zones de consommation au Sud ;
- un réseau HTB peu maillé avec un déploiement en antennes à ses extrémités, notamment au Nord de l'île ;
- la concentration des moyens de production sur seulement trois pôles (Bellefontaine, Pointe des Carrières et le Galion, depuis la mise en service de la centrale biomasse en 2018) ;
- un déficit d'énergie cinétique – autrement dit, le système électrique manque d'inertie –, ce qui se traduit par une forte sensibilité de la fréquence aux aléas, avec des régimes transitoires difficiles à maîtriser.



Figure 1 : Carte du système électrique de la Martinique au 31 décembre 2021 (Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en Martinique 2022 – EDF SEI).

La Figure 1 ci-après présente la répartition géographique des différents moyens de production.

Le réseau aujourd'hui limite la capacité d'intégration des ENR intermittentes à 25 %, empêchant l'atteinte de l'objectif de mix électrique 100 % ENR à l'horizon 2030. L'ADEME (l'Agence de la transition écologique) estime que cela est toutefois possible en satisfaisant l'ensemble de la demande électrique à tout instant – équilibre offre-demande –, moyennant un recours significatif à des capacités de stockage nouvelles.

Solution

Une solution long terme, renouvelable et locale

Alors que la consommation d'électricité de l'île pourrait croître significativement, avec notamment le développement des véhicules électriques, la future mise en service de la station de Transfert d'énergie par pompage (STEP) de Saint-Pierre apporte une solution concrète aux besoins en énergie propre et durable de l'île. Véritable moyen de régulation du réseau électrique, cette station permettra d'augmenter la production d'énergies renouvelables, et d'accompagner la transition énergétique tout en assurant la sécurité d'approvisionnement.

La STEP est une solution de stockage d'électricité d'une puissance de 7 MW en turbinage et 4 MW en pompage, permettant de fournir de l'électricité pendant quatre heures à Pmax (pour puissance maximale) et de recharger son stock en moins de dix heures pendant le pic de production solaire et éolien.

Le projet est situé dans la commune de Saint-Pierre en Martinique, sur les flancs de la montagne Pelée, en zone sismique et cyclonique. Il est situé sur des terrains agricoles, actuellement exploités principalement pour la culture de la banane, et ne nécessite pas de défrichage. Son emprise est limitée à cinq ha, qui feront l'objet d'une compensation collective agricole sous forme de soutien au développement de la filière agricole d'excellence (vanille, café et cacao) et de mesure de désenclavement afin de faciliter l'accès aux parcelles agricoles.

L'installation comprend deux bassins d'une capacité de 34 000 m³ reliés par une conduite forcée enterrée d'une longueur de 2 km et 400 m de hauteur de chute environ. L'usine de production est équipée d'une turbine Pelton associée à un banc de supercondensateur, pour améliorer le temps de réponse et offrir une réserve rapide. Le silo de pompage est équipé de trois pompes associées à des variateurs de fréquence, afin de pouvoir fonctionner en vitesse variable permettant une bande de réglage de fréquence. La centrale fonctionne en circuit fermé, et le remplissage initial du bassin et l'appoint pour compenser l'évaporation sont assurés par un forage dans la nappe phréatique.

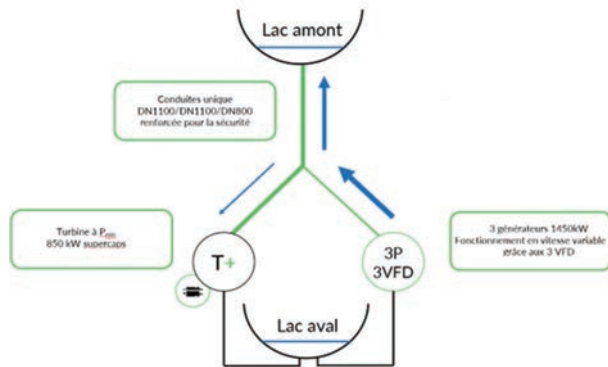


Figure 2 : Schéma de principe de fonctionnement de la STEP (Source : D. R.).

Il est également prévu d'installer des panneaux photovoltaïques flottant sur les bassins, afin d'optimiser l'utilisation du foncier et permettre une autoconsommation si nécessaire.

Deux centrales solaires seront implantées au droit du bassin supérieur et du bassin inférieur, permettant de fournir une puissance électrique de 1,3 MWc et produire plus de 2 GWh/an d'énergie photovoltaïque en moyenne sur trente ans. Les panneaux solaires flottants doivent être dimensionnés afin de pouvoir résister aux contraintes sismiques et cycloniques, avec une partie émergée (prise au vent) la plus faible possible et offrant une surface installée au m² maximale. Le système modulaire retenu est constitué d'unités photovoltaïques équipées de flotteurs qui créent un réseau structuré flexible et qui permettraient de supporter les panneaux solaires ainsi que les passerelles d'entretien, les voies d'accès et les fils électriques. Le système d'ancrage prend la forme de poteaux en berge, et les lignes d'ancrages seront arrimées sur les poteaux métalliques, eux-mêmes scellés dans des plots en béton fichés dans les corps de digue afin de ne pas fragiliser l'étanchéité des bassins. L'énergie produite dans chacune des deux centrales photovoltaïques sera reliée au poste de livraison EDF de 20 kV situé à proximité de la STEP.

Par ailleurs, l'installation permet également de fournir une réserve d'eau pour la sécurité incendie en reliant le bassin bas à deux poteaux d'incendie, et pourrait également servir pour l'irrigation des parcelles agricoles environnantes. La STEP est raccordée en HTA depuis

le poste de livraison au poste source. Le réseau entre Bellefontaine et Saint-Pierre étant saturé, il nécessite des travaux de renforcement du réseau.

Services rendus

La centrale apporte un service d'arbitrage qui permet de reconstituer les stocks au moment où la production d'électricité est excédentaire sur le réseau, et de fournir de l'énergie au réseau électrique quand la demande excède la production pendant la pointe du soir et le week-end notamment.

En complément, elle apporte des services d'inertie et de réserve rapide afin d'assurer la stabilité du réseau électrique et la sécurité d'approvisionnement. L'inertie, apportée par des machines tournantes mécaniques (turbines) en opération en compensateur synchrone, permet de maintenir la fréquence du système électrique lors de faibles écarts d'offre-demande. Le service de réserve rapide permet de rétablir la fréquence en cas de variation de tension et de fréquence à la hausse ou à la baisse lors d'écart plus important, notamment dans le cas d'un incident sur le réseau ou la perte d'un moyen de production.

Enfin, elle contribue également aux services de compensation du réactif du réseau, du réglage de tension et de la tenue au creux de tension.

La régulation de fréquence et de tension est d'autant plus importante que la centrale se situe en bout de réseau : en antenne, partie du réseau particulièrement sensible.

La disponibilité sera de l'ordre de 95 % et le rendement d'environ 70 %, variables selon les modes de fonctionnement de la STEP.

La STEP est entièrement pilotable par le gestionnaire du réseau de distribution, et offre une solution pérenne avec une visibilité sur les coûts sur trente ans d'exploitation.

Impacts du projet

Le projet de micro-STEP contribue à répondre aux besoins croissants en électricité propre et durable de la population martiniquaise, ainsi qu'à la sécurité énergétique en réduisant la dépendance aux énergies fossiles importées. Il contribue également à la sécurité incendie de Saint-Pierre et des populations, grâce à la création d'une réserve d'eau permanente qui répond aux normes de pression et de débit, contrairement au réseau d'adduction local. Le projet de micro-STEP permet également la réduction des émissions de CO₂ et autres polluants atmosphériques. Enfin, il renforce la production agricole locale via un projet de désenclavement, en facilitant l'accès à plus de 200 ha de parcelles agricoles et en soutenant le développement des filières d'excellence exploitées sous couvert forestier.

Surtout, dans un contexte de difficulté prévisible d'approvisionnement en certains métaux critiques, la micro-STEP de Saint-Pierre permet de mettre en place des systèmes de stockage souples et décentralisés n'utilisant pas – ou peu – de matériaux « critiques », offrant une véritable indépendance stratégique énergétique.

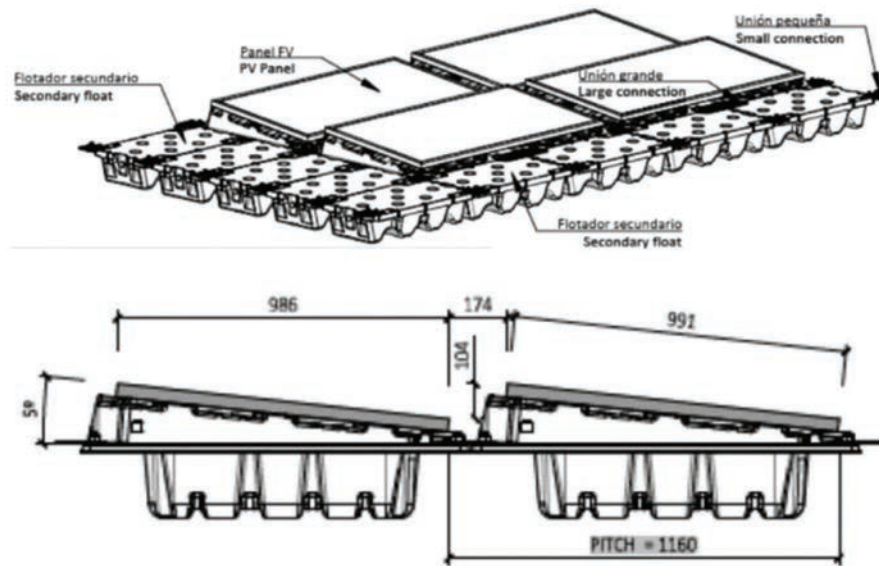


Figure 3 : Schéma de principe des unités photovoltaïques Isifloating (source : ISL Ingénierie).

Conclusion

Il existe des solutions technologiques pour décarboner, soit en mettant en œuvre des nouvelles technologies ou soit en réinventant des technologies matures délaissées en les adaptant aux contraintes du territoire.

Le développement de solutions hybrides est susceptible d'apporter des services différenciés et complémentaires de nature à maximiser l'efficacité du système électrique et générer ainsi des gains pour la collectivité.

Il paraît également stratégique de chercher à diversifier le mix de solutions de stockage, afin de pouvoir offrir l'ensemble des services réseaux nécessaires à la pénétration des ENR et dans une optique de minimiser les risques vis-à-vis de la disponibilité et de l'évolution des coûts des différentes technologies, en particulier les batteries lithium-ion.

Les zones non interconnectées sont un territoire où la contrainte fait avancer la technologie : ces laboratoires grandeur nature devraient pouvoir devenir les démonstrateurs du savoir-faire français, et générer des retombées économiques locales et nationales.



Figure 4 : Vue de l'implantation de la STEP sur le bassin versant (DAEU du projet de Station de transfert par pompage de Saint-Pierre).

Les sucreries de La Réunion au cœur de la transition écologique

Par **Éric de BOLLIVIER**

Directeur industriel de Tereos Océan Indien

La filière canne-sucre-rhum-énergie de La Réunion est au cœur du développement d'un ensemble économique lié à l'agriculture, à l'industrie, à l'énergie, à l'environnement ou encore au tourisme. Riche de plus de 200 ans d'histoire et dépassant l'enjeu sucrier, la filière a toujours su innover pour devenir aujourd'hui un véritable modèle d'économie circulaire en synergie avec les autres filières.

Pionnière mondiale de la production d'énergie à partir de la canne à sucre, l'industrie sucrière est à l'origine de nombreuses innovations. Aujourd'hui, la bagasse – résidu fibreux obtenu après extraction du sucre – constitue la première source d'énergie renouvelable de l'île. Depuis 2019, la mélasse est également utilisée pour fabriquer de l'éthanol combustible qui alimente la turbine à combustion en service dans le sud de l'île.

Au cœur des enjeux de transition écologique, l'industrie sucrière poursuit ses recherches pour augmenter la part de la filière correspondante dans la production d'énergie renouvelable. Les futures avancées techniques devront également garantir la qualité des sucres et les coproduits indispensables aux autres filières, et ainsi permettre de maintenir le rôle essentiel de la filière dans l'atteinte des objectifs du territoire en matière de transition écologique.

Introduction

À La Réunion, les deux sucreries de canne en exploitation, du haut de leurs 200 ans révolus, sont des piliers industriels du territoire. Elles jouent un rôle clé dans l'économie locale au cœur de la filière canne-sucre-rhum-énergie qui recense environ 15 500 emplois directs, indirects et induits, soit presque 10 % des emplois privés de l'île.

S'appuyant sur des précurseurs et hommes de talent, à l'image d'Émile Hugot⁽¹⁾ ou de Maxime Riviere⁽²⁾, l'histoire de la filière canne-sucre-rhum-énergie réunionnaise est riche d'évolutions technologiques et de savoir-faire. L'industrie sucrière de l'île a vu naître de nombreuses innovations technologiques dont des premières mondiales, qui ont marqué toute l'industrie de la canne à sucre dans le monde et porté la renommée de La Réunion au-delà de ses frontières : appareil à cuire des masses cuites en continu, centrale bicom bustible de cogénération ou encore caisse d'évaporation à flot tombant, pour ne citer que celles-ci.

⁽¹⁾ Émile Hugot (1904-1993) a été PDG des Sucreries de Bourbon de 1948 à 1979 et le fondateur de la distillerie de Savanna. Il est mondialement connu pour son ouvrage référent, *La sucrerie de canne, manuel de l'ingénieur*.

⁽²⁾ Maxime Riviere (1921-1995) a procédé à la mise au point du premier appareil à cuire en 1973.

Ayant très tôt cherché à valoriser la partie fibreuse et combustible de la canne à sucre, cette industrie a presque toujours été autonome sur le plan énergétique. Pourtant, au début des années 1990, il est décidé d'aller plus loin. Les sucreries arrêtent leurs installations internes de production d'énergie (vapeur et électricité) au profit d'installations de cogénération voisines, aujourd'hui exploitées par la société ALBIOMA. Ces installations sont capables de valoriser l'intégralité de la bagasse livrée, tout en assurant une production continue d'électricité.

La mélasse – résidu sirupeux obtenu après l'extraction du sucre cristallisable, le saccharose – est également valorisée. Outre son usage partiel consacré à l'alimentation animale, elle va être transformée en rhum dans des distilleries construites à cet effet.

En 2012, le groupe Tereos, après avoir finalisé son rachat des différentes sociétés sucrières de La Réunion, a cédé les installations des distilleries de Rivière du Mât et de Savanna, autrefois propriétés des sucreries.

Ainsi, au-delà de leur enjeu purement sucrier, les sucreries sont devenues, en tant que primo-transformateurs, les fournisseurs des matières premières nécessaires aux centrales thermiques et aux distilleries. En l'espace de vingt ans, le triptyque industriel sucre-rhum-énergie a été repensé et fonctionne avec des entités qui, bien que séparées, restent unies par une matière végétale commune, la canne à sucre.

La sucrerie au cœur d'un *cluster* 100 % circulaire

La sucrerie de canne est souvent, et à juste titre, comparée à une bioraffinerie. En effet, au cours du processus de fabrication du sucre de canne, sont générés trois coproduits : la bagasse, les écumes et la mélasse (voir la Figure 1 ci-après), qui ouvrent le champ des possibles autant en matière de production d'énergie qu'en matière de confection de molécules plateformes pouvant remplacer leurs équivalents pétro-sourcés (Caderby *et al.*, 2014).

Depuis 2010, le groupe Tereos est devenu l'actionnaire majoritaire de deux installations industrielles, l'une implantée dans le sud de l'île, Le Gol, et l'autre dans le nord-est, Bois Rouge. Ces deux sucreries de canne ont des procédés de fabrication proches, mais présentent chacune leurs particularités, c'est le cas notamment pour le mode d'extraction du jus sucré.

Le Gol dispose ainsi d'un train de moulins reposant sur une extraction exclusivement mécanique, alors que Bois Rouge, suite à la dernière restructuration de la filière sucrière à La Réunion au début des années 1990, a fait le pari d'une technologie issue du *process* betteravier qui a été adaptée à la canne à sucre : la diffusion. Ces technologies permettent toutes deux de produire une bagasse présentant des taux résiduels de sucres bas (< 1,1 %) et des humidités satisfaisantes (48 - 50 %), faisant de celle-ci un combustible stable présentant un pouvoir calorifique inférieur proche de 1 900 kcal/kg. En 2021, la bagasse était la ressource locale la plus génératrice d'énergie avec 81 ketp, loin devant la ressource hydraulique et solaire thermique qui représentaient respectivement 30,8 et 26,5 ketp (Observatoire Énergie Réunion, 2022).

Le jus de canne brut est clarifié par réchauffage (température portée jusqu'à 104°C) et par ajout du lait de chaux, ce qui provoque la précipitation de certaines impuretés dissoutes (protéines, phosphate de calcium, cires) et piège également les charges colloïdales et les matières en suspension. Les écumes sont obtenues après décantation et filtration de ces précipités ; les sucreries en produisent entre 20 et 50 kg/tonne de canne. Cet amendement organique de fond permet une bonne fertilisation phosphatée et calcique des cultures, et reste largement employé notamment lors des phases de replantation de la canne à sucre (Février et Mansuy, 2021).

Le jus clarifié obtenu est concentré par évaporation, puis des cuissons successives vont permettre la production des sucres roux après séparation centrifuge et séchage. Les sucreries réunionnaises produisent, à raison d'environ 50 % de leur production, des sucres de spécialité destinés à la consommation directe et répondant à un cahier des charges strict. Les autres sucres produits sont destinés au raffinage, lequel est réalisé en Europe.

En fin d'étape de cristallisation, un liquide sirupeux demeure : la mélasse, qui est le dernier coproduit du *process* industriel sucrier. Sa concentration en sucre est insuffisante pour pouvoir en extraire, mais elle constitue un support de fermentation de choix pour les distilleries et la production de rhum ou d'alcool industriel. Une partie de cet alcool est d'ailleurs utilisée en tant que bioéthanol combustible pour alimenter la turbine à combustion (TAC) d'ALBIOMA située dans le sud de l'île, faisant de cette installation, mise en service en 2019, la première centrale au monde à produire une énergie de pointe destinée à sécuriser le réseau électrique local et fonctionnant donc au bioéthanol. En 2021, ce sont 1 106 tonnes de bioéthanol qui produites localement ont été valorisées *via* la turbine à combustion.

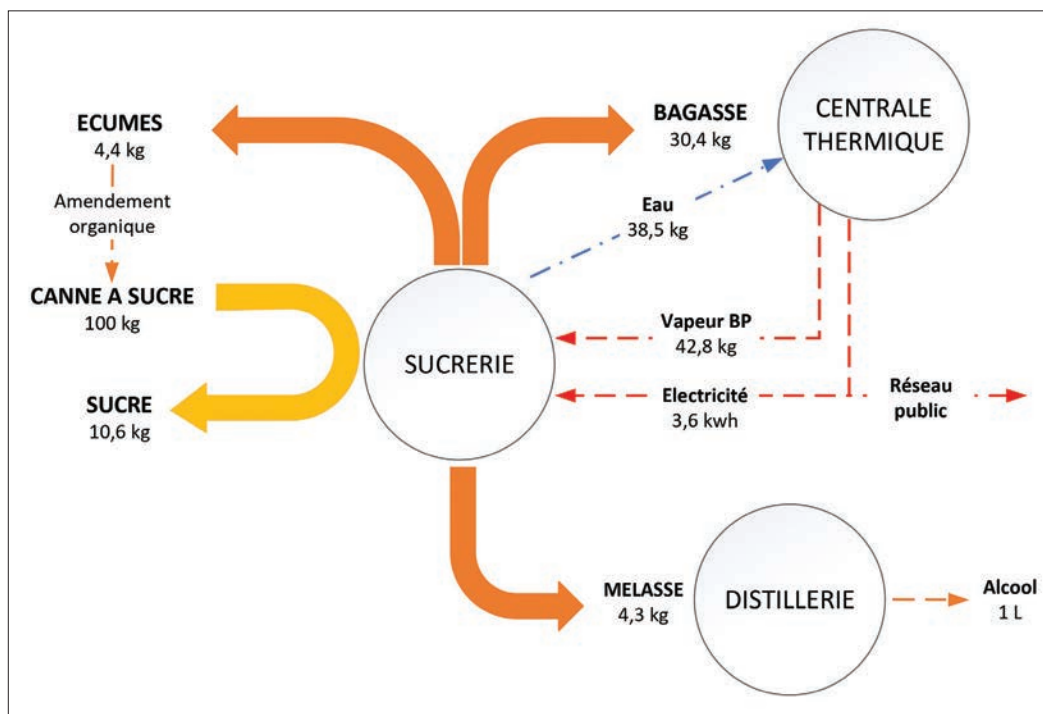


Figure 1 : Le complexe canne-sucre-alcool-énergie.

Produire du sucre et toujours plus d'énergie

Tereos dispose à La Réunion d'un centre de recherche variétal, eRcane, qui, par hybridation, produit annuellement plusieurs milliers de variétés de canne. Après un parcours de sélection de plus de quinze ans, si une variété démontre des performances sucrières supérieures aux variétés référentes d'une zone, elle sera alors libérée et mise à disposition des planteurs de canne de La Réunion.

C'est à travers ce dispositif qu'en 2008, une variété de canne ayant atteint les derniers stades de la sélection et disposant d'un profil atypique attire toutes les attentions. Elle excelle sur les terres difficiles des hauts de l'est et du sud de l'île et se caractérise par son taux de fibre largement au-dessus des standards réunionnais. Ses rendements en tonne de sucre par hectare sont supérieurs aux variétés témoins, ce qui s'explique par des productions végétales brutes en tonne de matière/ha bien supérieures aux standards. La première canne à sucre « mixte » réunionnaise est ainsi officiellement libérée en 2010 et se nomme R585. Elle est qualifiée de « mixte », car elle présente un potentiel qui est autant sucrier qu'énergétique. Elle sera par la suite détrônée dans les hauts du Sud et de l'Ouest par une nouvelle canne mixte, libérée en 2013 : la R586. Ces deux variétés occupent désormais une part significative de la sole cannière réunionnaise (voir la Figure 2 ci-dessous).

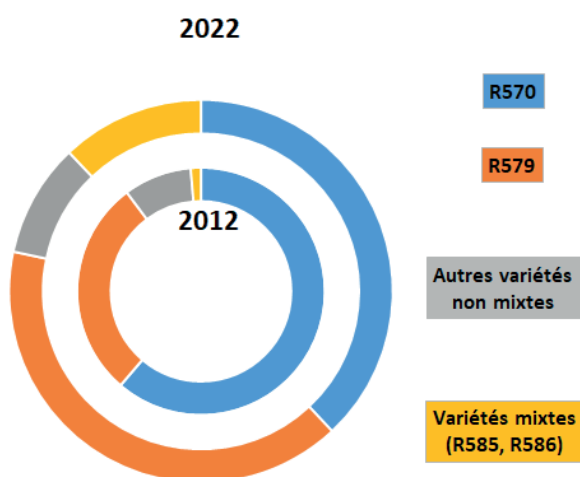


Figure 2 : Évolution du mix variétal réunionnais entre 2012 et 2022.

Durant cette même période, des expérimentations ont été réalisées afin de caractériser l'« usinabilité » d'une variété de canne au-delà de ses critères purement constitutionnels (Laurent Corcodel et Camille Roussel, 2011), ce qui a amené à démontrer l'intérêt technique d'une variété mixte pour le complexe sucrerie-centrale thermique (Corcodel, 2011), même si une généralisation de celle-ci à l'échelle de l'île reste peu probable du fait du mix variétal des bassins canniers. Par ailleurs, les sucreries ont également validé lors d'un essai le broyage exclusif de la canne R585. Cet essai a permis

de mieux orienter leurs investissements sur le long terme si ce type de canne venait à se développer à plus grande échelle. En dépit de l'impact sur la puissance électrique consommée au niveau de l'atelier chargé de la préparation et de l'extraction de cette variété, celle-ci n'a pas mis en défaut le dimensionnement technique actuel des sucreries.

Une production alimentaire et énergétique : des limites complexes

L'évolution des modes de coupe, avec notamment la raréfaction de la main-d'œuvre et le déploiement de coupeuses mécaniques de cannes longues, qui ont été développées localement et sont spécifiquement adaptées aux terrains escarpés de La Réunion, a occasionné une dégradation de la qualité de la canne. Cela se traduit par une augmentation de la présence de feuilles (sèches et vertes) et de portions en croissance de la canne, appelées « bouts blancs ». Cela a pour conséquences une augmentation du taux de fibres, ce qui peut apparaître opportun dans un contexte global caractérisé par le souhait d'une augmentation de l'énergie produite par la filière, mais *a contrario* une baisse plus problématique de la pureté du jus sucré (voir la Figure 3 ci-dessous).

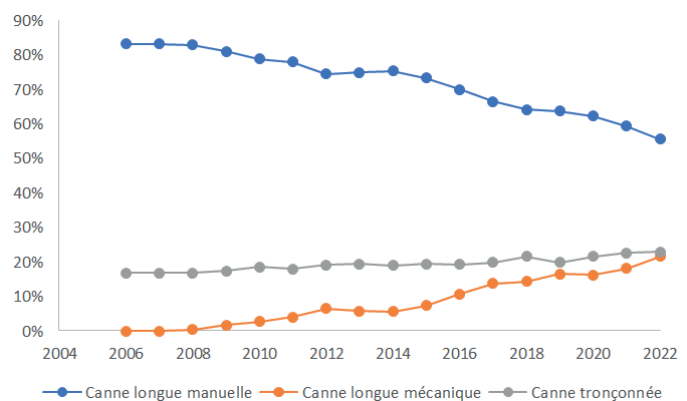


Figure 3 : Évolution du mode de coupe de la canne à sucre à La Réunion.

Afin de projeter une évolution tendant vers une dégradation totale de la qualité de la canne, les sucreries ont organisé, chacune, un essai industriel consistant à ne traiter que de la canne entière, c'est-à-dire sans aucun effeuillage volontaire préalable. Plus de 900 tonnes de cannes ont ainsi été broyées pendant au moins 3 heures pour permettre une roulaison stabilisée. Les résultats sont édifiants et les chantiers qu'ils ouvrent sont nombreux (voir le Tableau 1 page suivante).

La chute de richesse de la canne confirme les très faibles concentrations en sucres pour les composantes autres que la tige de la canne à sucre. Même la partie en croissance présente des teneurs en saccharose très faibles du fait de l'immaturation des tissus.

		Canne de référence	Canne entière	Variation
Richesse	Sucre % canne	13,8	10,8	- 21,5 %
Fibre	% canne	16,1	23,0	+ 42,9 %
Bagasse	% canne	30,9	43,8	+ 41,8 %
Perte bagasse	% sucre entrée usine	2,2	3,9	+ 79,1 %
Pureté jus de canne	%	85,3	76,4	- 10,4 %
Couleur jus de canne	kUI	27,9	59,7	+ 113,8 %
Mélasses	% canne	4,1	5,6	+ 35,9 %

Tableau 1 : Principaux résultats des essais industriels réalisés sur la canne entière (2019)

L'augmentation des quantités de fibres à traiter s'accompagne proportionnellement d'une hausse des consommations électriques et nécessiterait, pour une marche continue à pleine capacité, une modification dimensionnelle des équipements mécaniques de préparation et de broyage. En cas de dégradation généralisée de la qualité de la canne livrée, le shredder, équipement principal du début du processus sucrier, devrait être doublé et précédé par un ébaucheur.

La quantité accrue de bagasse, du fait de l'apport supplémentaire de fibres, occasionne, même à taux de sucre résiduel constant, une très forte augmentation de la perte en sucre dans ce coproduit.

De manière moins attendue, notamment dans les proportions observées, la chute de pureté du jus de canne n'a pas permis à l'atelier de clarification de jouer son rôle épuratoire. En effet, malgré la tenue des cibles *process*, le jus de canne reste trouble. De plus, la forte augmentation des impuretés fait bondir de 35,9 % la production de mélasse et, par là même, la perte en sucre dans ce coproduit, dans l'hypothèse optimiste où les sucreries parviendraient à maintenir les mêmes performances d'épuisement.

Enfin, la coloration du jus de canne ne permettrait plus en l'état aux sucreries non seulement de fabriquer des sucres roux clairs, mais aussi de tenir les cibles d'humidité, car certaines impuretés (les sucres réducteurs, notamment) ont une forte capacité à réabsorber l'eau après séchage et à prendre en masse lors des phénomènes, bien connus des producteurs de sucres roux, de migration d'humidité (Rogé et Mathlouthi, 2001).

Face à l'ampleur de ces conséquences, un traitement en sucrerie de ces cannes « dites entières » apparaît impossible en l'état des exigences de qualité pesant sur le produit final

Une évolution technique pourrait consister à préparer la canne à l'entrée des sucreries, grâce notamment à des systèmes de séparation aérauliques tiges/feuilles/

pailles, qui pour l'instant sont dédiées aux cannes préalablement tronçonnées (Soares *et al.* 2019).

Les sucreries de La Réunion ne disposent pas de tronçonneurs à postes fixes capables de traiter le mix de coupe spécifique à cette île. De surcroît, même si des tronçonneurs industriels étaient installés, ce qui reste discutable compte tenu de l'équilibre technico-économique de tels investissements, les équipements de séparation tiges/feuilles présentent eux aussi des limites importantes et des problèmes de mise au point. En effet, les parties en croissance de la canne affichent des densités proches de celle de la tige usinable et sont plus difficilement séparables (Bernhardt, 1994). Les feuilles vertes sont moins sensibles aux conditions aérauliques de séparation et sont susceptibles de rester accrochées aux tiges. Enfin, les performances de ces technologies se dégradent rapidement en cas de pluie, ce qui est très problématique, notamment pour la sucrerie de Bois Rouge.

D'autres procédés de séparation existent, notamment celui d'une combustion contrôlée des feuilles et pailles, avec récupération énergétique pour les utilités du *process* sucrier. Un brevet (Bernhardt, 2016) a fait l'objet d'essais pilotes en Afrique du Sud, mais n'a pas à ce jour donné lieu à création d'une unité industrielle.

De manière moins globale, les équipes agricoles de Tereos testent à La Réunion des solutions à plus petites échelles, qui permettraient de soulager la charge en impuretés à l'entrée des sucreries, mais uniquement pour les parcelles dont les modes de coupe constatées ne permettent pas le respect du référentiel qualité Cannes. Ainsi, de petites machines sur pneus, déployables à proximité des champs pour tronçonner et épauler la canne avant son chargement à destination des sucreries, sont en cours de développement. La matière végétale ainsi séparée pourrait alors être mise en bale et acheminée vers les centrales thermiques pour une valorisation énergétique.

Au-delà de ces traitements amont, d'autres technologies pourraient être investiguées en complément. Il s'agit de solutions innovantes qui sont utiles pour atteindre les exigences des référentiels qualité des sucreries. Par exemple, ce sont des technologies telles que :

- l'ultrafiltration, qui permet d'obtenir un jus clarifié sans utilisation de chaux, avec toutefois des freins importants sur la réelle capacité de ces technologies à passer du stade de la recherche et des essais à celui de pilote industriel (Vu *et al.*, 2020) ;
- ou encore un traitement chromatographique par résines échangeuses d'anions et de cations, qui, réalisé avant l'étape d'évaporation, pourrait également permettre de réduire la coloration du jus et retirer une partie des éléments minéraux les plus entartrants (phosphate, calcium).

Pour ces deux technologies, la gestion respective des rétentats et des éluats resterait par ailleurs en suspens. Enfin, plus connues des sucriers, les technologies de phosphoflotation des sirops pourraient aider les opérations sucrières, mais elles seraient vraisemblablement insuffisantes au regard de la charge à traiter.

Dans tous les cas, ces pistes de Recherche et Développement ne constituent pas, à moyen terme pour les sucreries présentes à La Réunion, une réalité techniquement viable, ni une solution économiquement soutenable.

Conclusion

La filière canne-sucre-rhum-énergie de La Réunion constitue une « bioraffinerie à l'échelle du territoire », avec, au cœur de ce système, des sucreries dont les marges de manœuvre sont contraintes. Elles le sont, tout d'abord, par l'évolution de la qualité des cannes livrées, ensuite, par l'exigence toujours accrue au regard de la qualité des sucres qu'elles produisent et, enfin, par l'obligation pour elles d'assurer la fourniture en volumes suffisants de coproduits comme la bagasse et la mélasse notamment.

L'augmentation du volume de ces coproduits est inévitablement liée à l'évolution de la matière première entrante. Celle-ci devra se faire en tenant compte des limites technologiques et en permettant le maintien des équilibres entre les productions alimentaires et celles énergétique. Chacun des acteurs de la filière a su, au fil des concentrations et réorganisations passées, optimiser ses *process* et son fonctionnement, en tenant compte des contraintes des autres acteurs. L'évolution future ne pourra se poursuivre qu'avec le maintien de cette concertation permanente, qui a fait la force du modèle réunionnais.

Références bibliographiques

- OBSERVATOIRE ÉNERGIE RÉUNION (2022), « Bilan énergétique 2021 de La Réunion », p. 14.
- FÉVRIER A. & MANSUY A. (2021), « La fertilisation de la canne à sucre au cœur de l'économie circulaire de La Réunion », Clermont-Ferrand, 15^e rencontre Comifer-Gemas.
- CADERBY E., ROUSSEL C. & PETIT A. (2014), « La canne à sucre : une plante aux multiples perspectives », *La Revue des industries agro-alimentaires*, dossier spécial « Sucre ».
- CORCODEL L. & ROUSSEL C. (2011), "Energy content: A new approach to cane evaluation", *International Sugar Journal*, volume 113, n°1355.
- CORCODEL L. (2011), « Influence de l'augmentation du taux de fibre de la canne à sucre sur les performances du complexe Sucrierie-Centrale thermique », thèse de doctorat, AgroParisTech, 191 pages.
- ROGÉ B. & MATHLOUTHI M., « Facteurs affectant la maturation et le stockage du sucre cristallisé », Reims, AVH Association – 8th Symposium, pp. 38-45.
- SOARES C., OKUNO F., DUFT D., CARVALHO D., MORANDI J., JUNIOR P., TREZ C., MANTELATTO P. & LEAL M. (2019), Commercial sugarcane dry cleaning systems in Brasil: progress and challenges.
- BERNARDT H. W. (1994), "Dry cleaning of sugarcane – A review", *Proceedings South African Technologists' Association*, pp. 91-96.
- BERNARDT H. W. (2016), Cane Trash Burner, Brevet WO 2016/125112 A1.
- VU T. (2020), "Clarification of sugarcane juice by ultrafiltration membrane: toward the direct production of refined cane sugar", *Journal of Food Engineering*, volume 264.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Hydrogène et décarbonation

Préface

Roland LESCURE

Introduction :

Quelle stratégie pour la filière de l'hydrogène décarboné ?

Claude TRINK et Mathieu MONVILLE

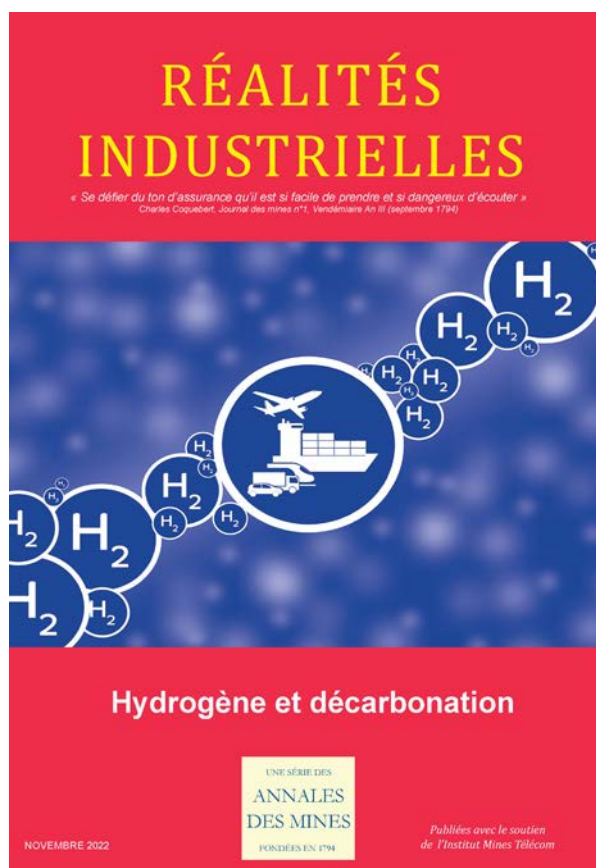
Stratégie nationale

L'hydrogène décarboné : une stratégie interministérielle et une gouvernance renouvelée

Hoang BUI

Une stratégie ambitieuse de développement de l'hydrogène en France : enjeux et défis

Philippe BOUCLY



Novembre 2022

Enjeux réglementaires de la maîtrise des risques liés aux nouvelles technologies de l'hydrogène

Bruno DEBRAY, Benno WEINBERGER et Franz LAHAIE

Hydrogène, le point de vue d'un régulateur

Ivan FAUCHEUX

Un atout majeur dans la stratégie française : le projet important d'intérêt européen commun (PIIEC/IPCEI) sur l'hydrogène

Olivier MARFAING

Accompagner le déploiement de la filière hydrogène française opéré à l'initiative des écosystèmes territoriaux

David MARCHAL et Luc BODINEAU

Projets de territoires et enjeux de développement des services et compétences pour la filière

Le bassin houiller lorrain, un territoire qui s'intéresse de longue date à l'hydrogène

Gilbert PITANCE

Stratégie Hydrogène : une nouvelle étape de la réindustrialisation d'un territoire frontalier

Claude TRINK et Gilbert PITANCE

ISTHY : un centre d'essai et de certification au service de la filière hydrogène

Michel ROMAND, Haitham S. RAMADAN et Paul MOROT

Un projet de formation ancré dans un territoire pour une montée en compétence des techniciens de l'hydrogène : le projet « Terre de SyHyEn »

Thierry ZIMNY et Mathieu MONVILLE

Un cursus d'excellence pour former des ingénieurs-experts en matière d'hydrogène-énergie

Pr Nadia YOUSFI STEINER

Nouveaux usages

La décarbonation de la filière sidérurgique : les enjeux du défi de l'« acier vert »

Jean-Pierre BIRAT

Les carburants de synthèse produits à partir d'hydrogène électrolytique et des émissions de CO₂ du secteur cimentier : un vecteur de décarbonation du transport maritime

Pierre DE RAPHÉLIS-SOISSAN et Arthur PARENTY

La mobilité décarbonée : le premier projet de retrofit d'autocar, l'expérience normande avec Nomad

Thomas TIXIER, Amandine ALLARD et Antoine MILLET

Hydrogène et transport de marchandises par camions

Jean-Pierre HAUET et Servan LACIRE

Le train à hydrogène

Stéphane KABA et Laurent DUFOUR

Nouvelles infrastructures et nouvelles offres

Construire une filière européenne de l'électrolyse : le passage au stade de l'industrialisation

Roland HÉQUET

Décarbonation de l'industrie : le joker Hydrogène

Jean-Marc LEONHARDT

MosaHYc ou la conversion d'un réseau de transport du méthane au transport de l'hydrogène pur

Laurent MUZART et François MARTIN

Production d'hydrogène « turquoise » par pyrolyse du méthane

Laurent FULCHERI

Le projet HyPSTER : émergence d'une nouvelle forme de stockage massif de l'hydrogène essentielle à l'atteinte de la neutralité carbone

Yann-Éric MORET

Decoupled Water Splitting for Green Hydrogen Production: Reshaping Water Electrolysis

Avner ROTHSCHILD, Hen DOTAN and Gideon GRADER

Hydrogène vert au Maroc : état des lieux et perspectives

Seddiq SEBBAHI, Nouhaila NABIL, Samir RACHIDI, Mohammed EL GANAOUI et Abdelilah BENYOUSSEF

La découverte de l'hydrogène naturel par Hydroma, un « Game Changer » pour la transition énergétique

Asma DIALLO, Cheick Sidi Tahara CISSÉ, Jacques LEMAY et Denis Joseph BRIÈRE

Hors dossier

Le soutien public à l'innovation de rupture

Christophe STROBEL, Xavier LACHAUME et Adrien SUTTER

Le dossier a été coordonné par **Claude TRINK et Mathieu MONVILLE**

Ce numéro peut être consulté et téléchargé gratuitement sur notre site
<http://www.anales.org>

La production de rhum agricole en Martinique : objectif zéro déchet et neutralité carbone

Par Emmanuel BÉCHEAU

Directeur de la Distillerie de Fonds-Préville (Macouba-Martinique)

Fanny POUGEOISE

Responsable QHSE-RSE de la Distillerie de Fonds-Préville

Et Leïla PUEYO

Stagiaire à la Distillerie de Fonds-Préville

La Distillerie de Fonds-Préville en Martinique s'est inscrite au fil du temps parmi les distilleries les plus connues et les plus productives de son domaine : le rhum agricole. Après dix années à développer et moderniser les outils de production, la distillerie a dû faire face à une augmentation progressive de ses déchets, aujourd'hui appelés « coproduits ». À la suite d'études terrains en interne ou avec des organismes de recherche comme l'INRAE, tous les coproduits de la distillerie sont de nos jours revalorisés. Une partie dans le *process* industriel (bagasse), une autre pour l'irrigation (vinasse) et la dernière pour l'amendement des champs de canne (compost). Le volet environnemental est une des préoccupations premières de la distillerie, et cette dernière cherche sans cesse à être plus vertueuse. Le bilan carbone réalisé en avril 2023 par la distillerie donnera de nouvelles pistes à celle-ci pour parfaire ses convictions écologiques.

La production de rhum est un marqueur identitaire de l'outre-mer français. De l'Île de la Réunion à la Martinique en passant par la Guadeloupe ou Marie-Galante, l'omniprésence des champs de canne à sucre témoigne de l'importance que revêt cette culture.

La production de rhum dans les DOM est un bel exemple de filière d'excellence. Naturellement endogène et porteuse d'un fort potentiel à l'exportation, elle est, au même titre que d'autres spiritueux comme le Cognac, la fierté de la France. Elle est aussi un outil qui peut être intelligemment mis au service du développement économique et touristique des DROM par le développement de l'activité « spiritourisme ».

La production de rhum est aussi une filière agro-alimentaire qui doit s'inscrire dans une dynamique de croissance responsable et engagée.

La Martinique, qui est reconnue pour la qualité et la réputation de ses rhums agricoles AOC (Appellation d'origine contrôlée) issus de la distillation du pur jus de la canne à sucre, s'inscrit, elle aussi, dans cette dynamique éco-responsable.

La Distillerie de Fonds-Préville, qui produit le célèbre Rhum J.M, est un des acteurs les plus engagés dans cet effort continu qui vise à produire de manière responsable. À ce titre, elle a mis au point un programme spécifique baptisé EDDEN (Engagés pour le Développement Durable de nos Écosystèmes et de notre Nature), dont l'objectif affiché vise le « zéro déchet », et pourquoi pas la « neutralité carbone ».

Cannes, sucre et rhum : gérer la ressource et arbitrer les productions

La SAU (pour surface agricole utile) consacrée à la culture de la canne à sucre en Martinique est d'environ 3 900 hectares dont près de 3 000 hectares constituant l'aire géographique de l'AOC rhum agricole de la Martinique. On estime que 650 hectares sont également destinés à alimenter l'unique sucrerie de l'île (Sucrerie du Galion).

La production de canne à sucre est assurée par quelque 200 planteurs, et les tonnages annuels se situent autour de 210 000 tonnes. La SAU étant contrainte (AOC, urbanisme, insularité), la production a connu au cours de ces dernières années diverses fluctuations liées aux facteurs climatiques ou réglementaires (restriction sur l'usage des produits phytosanitaires).

Dans ce contexte, la production de rhum agricole a tout de même régulièrement progressé, mais cela s'est fait au détriment de la production de sucre.

Distillerie de Fonds-Préville : le défi de l'augmentation de la production

La Distillerie de Fonds-Préville, qui a mené au cours de la dernière décennie un ambitieux programme de replantation de cannes à sucre, a vu sa production de rhum multipliée par cinq en quelques années (voir les Figures 1 et 2).

Depuis 2012, la distillerie a bénéficié d'un important programme d'investissements afin de rénover entièrement le site et de procéder à d'importantes améliorations industrielles, qui lui ont permis d'augmenter significativement sa capacité de production en passant de 6 000 tonnes de cannes broyées en 2012 à 24 000 tonnes en 2022 (voir la Figure 1).

La production de la distillerie est ainsi passée de 400 000 litres de rhum à 55° en 2010 à près de 2,3 millions de litres produits en 2022 (voir la Figure 2). Cette évolution de la production s'est faite proportionnellement à l'augmentation des tonnages de cannes broyées, mais aussi par une nette amélioration des rendements industriels (voir la Figure 3).

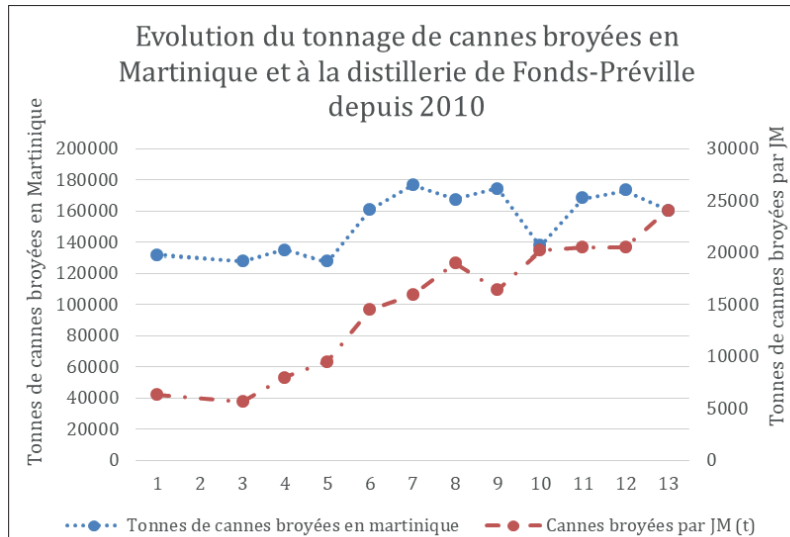


Figure 1 : Évolution du tonnage de cannes broyées en Martinique et à la Distillerie de Fonds-Préville depuis 2010 (CTCS 2022).

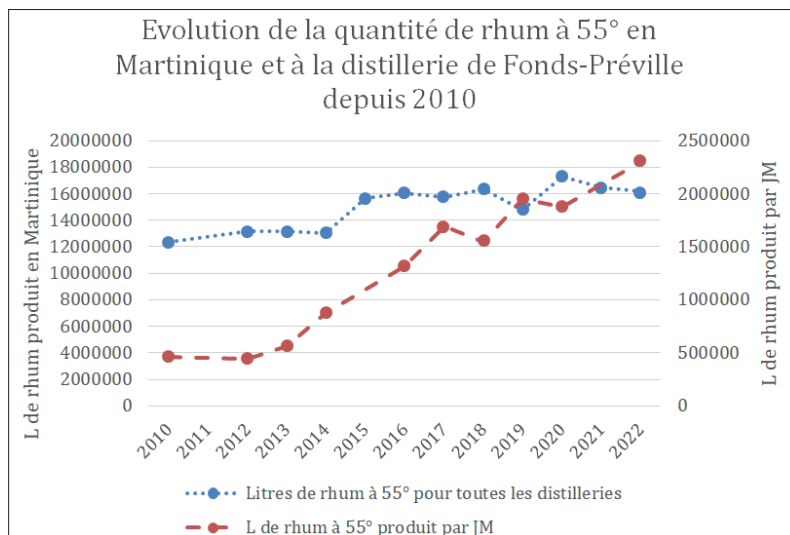


Figure 2 : Évolution de la quantité de rhum à 55° en Martinique et à la Distillerie de Fonds-Préville depuis 2010 (CTCS 2022).

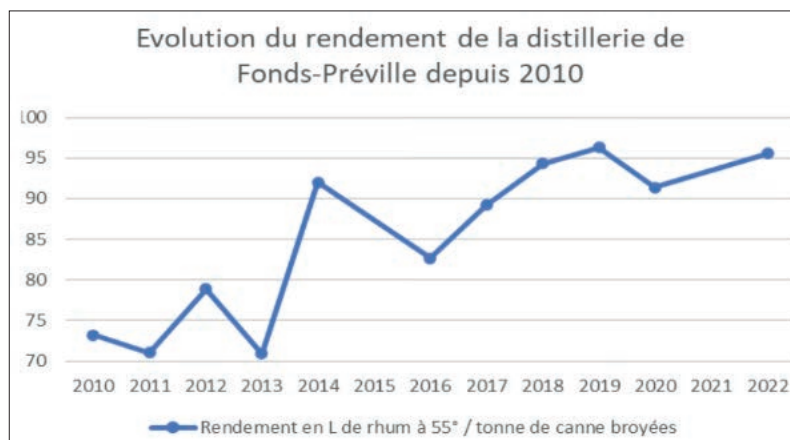


Figure 3 : Évolution du rendement de la Distillerie de Fonds-Préville depuis 2010 (CTCS 2022).

Sur une décennie, les tonnages de cannes broyées ont augmenté de 380 % alors que la production de rhum a, quant à elle, augmenté de 475 %.

Ces chiffres encourageants s'expliquent par l'amélioration des techniques de broyage et de fermentation. En effet, l'amélioration et l'optimisation des opérations de broyage (moulins) ont permis d'augmenter le taux d'extraction de sucre présent dans la canne à sucre, maximisant ainsi la quantité d'alcool produite.

Le CTCS (Comité technique de la canne et du sucre), qui classe les distilleries suivant l'importance de leur production de rhum, aura vu la Distillerie de Fonds-Préville passer de la septième place en 2010 à la quatrième place en 2022.

Toutes ces évolutions ont obligatoirement entraîné une prise en compte nouvelle des paramètres industriels, mais aussi et surtout de l'impact environnemental.

Une méthode de production ancestrale qui doit désormais prendre en compte la gestion des déchets rebaptisés « coproduits »

La production de rhum agricole est une spécificité des Antilles françaises. Contrairement au rhum industriel qui est produit à partir de mélasse (coproduit de la production du sucre), le rhum agricole est produit à partir de jus frais de canne à sucre. La canne fraîchement coupée est acheminée à la distillerie pour être

broyée. Le jus de canne récupéré est alors dans une phase de fermentation alcoolique qui dure entre 24 et 48 heures. Une fois la fermentation terminée, le « vin de canne », qui titre autour de 5 % d'alcool, est envoyé dans une colonne à distiller : le rhum qui en ressortira titre quant à lui entre 70 et 72 % d'alcool.

Des déchets ou coproduits sont générés à chaque étape du processus de fabrication du rhum (voir la Figure 4). Certains de ces coproduits sont réutilisés directement dans le processus industriel, d'autres vont être transformés afin d'être épandus dans les champs de cannes et de bananes avoisinants. La distillerie fonctionne dans une logique d'économie circulaire en essayant de privilégier au maximum la réutilisation de tous ses coproduits.

On peut donc légitimement se poser la question de savoir comment, avec une telle évolution de sa production au cours de la dernière décennie, la Distillerie de Fonds-Préville a pu concilier les problématiques environnementales avec l'augmentation de sa capacité industrielle ?

Les déchets, et surtout leur augmentation du fait de l'évolution de la production, ont été une vraie problématique que le management de la distillerie a placée au centre de sa réflexion au fil des années.

L'insularité, l'exiguïté du territoire (1 100 km²) et la qualité des paysages environnants doivent rappeler à chaque instant qu'il est primordial de préserver l'équilibre écologique du site sur lequel s'inscrit l'activité économique, qui plus est quand elle est industrielle.

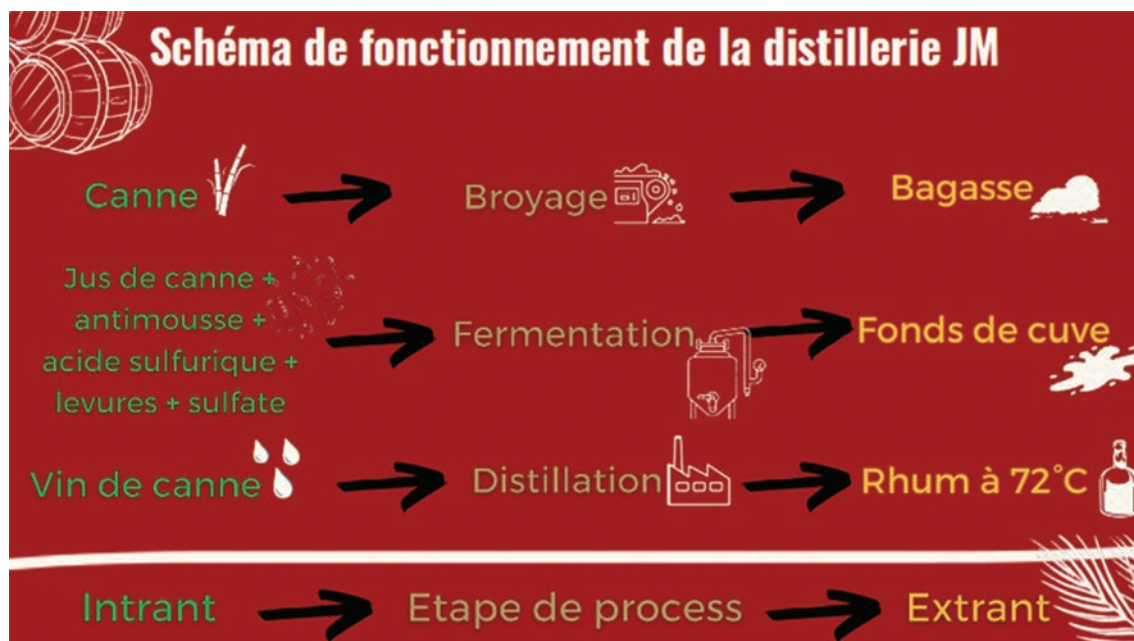


Figure 4 : Schéma simplifié du fonctionnement d'une distillerie avec ses intrants et ses extrants.

Valoriser chaque coproduit afin de rendre au milieu naturel une part de ce qui a été prélevé

La bagasse, un coproduit aux multiples usages



Photo 1 : Bagasse.

L'un des premiers déchets créés dans la distillerie est la bagasse. Elle est le résidu de la tige de la canne à sucre dont on a extrait le jus lors des opérations de broyage. Elle a un taux d'humidité compris entre 45 et 50 %.

Les moulins ont été les premiers à être transformés dans la distillerie en 2012. Cet outil de broyage a été amélioré et surtout modernisé. Le passage de deux moulins à vapeur et un moulin électrique en 2010 à trois moulins électriques en 2022 a permis de grandement

augmenter la quantité de cannes broyées. Les volumes de bagasse générés ont donc fortement évolué. En effet, la distillerie est passée de 5 630 tonnes de cannes broyées et 1 689 tonnes de bagasse en 2012 à 24 000 tonnes de cannes broyées et 7 200 tonnes de bagasse en 2022 (voir la Figure 5).

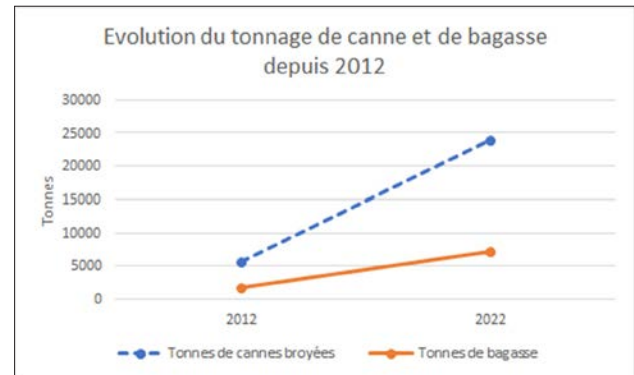


Figure 5 : Évolution du tonnage de canne et de bagasse depuis 2012 (CTCS 2022).

L'utilisation de la bagasse est diversifiée. Historiquement, elle servait de combustible pour faire fonctionner la chaudière afin de produire la vapeur nécessaire à la colonne à distiller, mais aussi à faire fonctionner les moulins avant qu'ils ne deviennent électriques. Ce combustible végétal permet donc de chauffer de l'eau afin de produire de la vapeur. Cette vapeur va ensuite alimenter les colonnes à distiller. À titre d'équivalence, 1 kilogramme de bagasse génère environ 1 litre de rhum à 55°. Pendant chaque période de production, qui s'étend de janvier à juin, un tiers de la bagasse produite est brûlée dans la chaudière, soit environ 2 400 tonnes. Le reste est utilisé pour faire du compost (36 %), ou bien livré à la centrale électrique Albioma. Cette bagasse sert alors de combustible et permet de générer de l'électricité pour répondre partiellement aux besoins de la Martinique. La bagasse peut aussi être livrée à la *start-up* Emerwall, qui produit de manière expérimentale des panneaux thermo-isolants pour la construction et l'habitat (voir la Figure 6).



Figure 6 : Schéma de l'utilisation finale de la bagasse à la Distillerie de Fonds-Préville.

Gestion de la vinasse... générer de l'irrigation pour les cultures environnantes



Photo 2 : La vinasse.

Le déchet final de la distillation, et le plus important, est la vinasse. La vinasse est un liquide à haute température et pH très faible. Elle provient de la séparation physique dans la colonne à distiller du jus de canne et de l'éthanol. Ce liquide est très acide (pH = 3,3) avec des concentrations en chlorures et en sulfates élevées. Lorsque l'on produit 1 litre d'alcool pur, 11 litres de vinasse ressortent des colonnes (Prost-Boucle *et al.*, 2023).

La Distillerie de Fonds-Préville a donc besoin de traiter environ 25 000 m³ de vinasse à chaque période de production. La quantité de vinasse générée est passée de 7 300 m³ à 25 000 m³ entre 2010 et 2022. En effet, une colonne à distiller a été ajoutée en 2016, faisant passer la capacité de production de 10 m³/h à 30 m³/h.

La vinasse était avant épanchée dans les champs sans traitement préalable. Un bassin de rétention accueillait la vinasse, puis celle-ci irriguait les champs de canne. Avec l'augmentation de la production de vinasse, la capacité du bassin de rétention n'était plus suffisante. De plus, la vinasse acidifiait les sols. Ce processus ne pouvant plus durer dans le temps, le projet TerreRhum en lien avec l'INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement), l'ODE (l'Office De l'Eau de Martinique), l'OFB (Office Français de la Biodiversité) et AgroKeys (société de services et de conseil aux distilleries), a vu le jour (Cerveise, 2018).

Le but de ce projet est de traiter et filtrer la vinasse afin d'obtenir deux déchets séparés : de l'eau claire et des boues. L'eau claire filtrée permet d'irriguer les champs de bananes. Les boues sont quant à elle épanchées dans les champs de cannes (voir la Figure 7). Une équipe de recherche a mis en place avec la distillerie un bassin d'aération ainsi qu'un système de filtration biologique sur filtres plantés en 2019. Elle a suivi l'évolution de l'installation pendant trois saisons de production.

Les levures mortes et cendres : de précieux ingrédients pour élaborer du compost

Les levures mortes sont un autre déchet présent à la distillerie. Elles proviennent des fonds de cuve de fermentation, composés de levures mortes, de boues

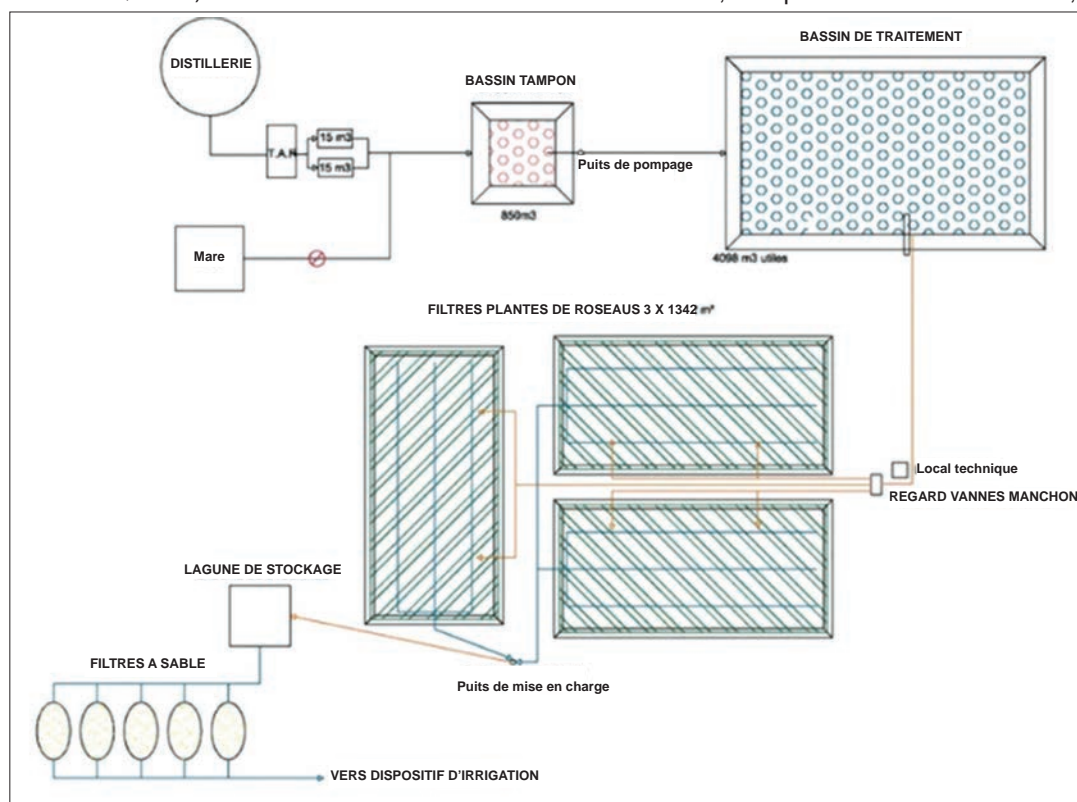


Figure 7 : Système de traitement et filtration de la vinasse (Cerveise 2018).

issues du jus de canne, d'eau et d'éthanol. Ces fonds représentent approximativement 1 m³ pour une cuve de 30 m³. Grâce à une centrifugeuse mise en place en 2020, la phase liquide des fonds de cuve est séparée de la phase solide. La phase liquide est envoyée en distillation, car elle contient de l'alcool résiduel. La phase solide, elle, est principalement constituée de levures mortes très riches en azote. Les levures mortes sont pour l'instant utilisées dans des recettes de compost avec de la bagasse et des cendres. La quantité de levures mortes a été mesurée à 2 tonnes par jour, ce qui représente 230 tonnes de levures mortes par période de production (en 2022). L'installation de la centrifugeuse a permis une meilleure qualité de distillation. En effet, celle-ci était diminuée, à cause des boues contenues dans les fonds de cuve, par colmatage progressif de la colonne. Rendement et productivité ont ainsi été améliorés.

Un autre déchet produit par la distillerie est la cendre. Celle-ci provient de la combustion de la bagasse. Ce déchet représente la même quantité que les levures mortes, c'est-à-dire environ 230 tonnes par an. Les cendres contiennent des éléments nutritifs comme du phosphore et du potassium, qui sont bénéfiques pour les cultures (Mortureux, 2015). Elles sont, elles aussi, utilisées dans la recette de compost en les mélangeant avec des levures et de la bagasse. Le compost est ensuite épandu dans les champs de bananes afin de fertiliser les sols.

Les recettes de compost sont toujours en cours d'étude et varient au fil des années. Des tests sont réalisés afin de tester les meilleures proportions entre les différents ingrédients.

Compost : rendre à la terre ce qu'elle nous offre

Le compost est donc essentiel pour le retraitement des divers déchets de la Distillerie de Fonds-Préville.

Le compostage est un processus microbiologique au cours duquel une dégradation importante de la matière organique est observée afin d'obtenir un humus stable. Le compost obtenu sert d'amendement par son apport en matière humique et son profil nutritionnel.



Figure 8 : Exemple d'andains.

Le compost est principalement composé de bagasse, de lisier, de levures mortes, de cendres et de déchets de bananes. Les proportions ont été calculées afin d'obtenir une humidité comprise entre 40 et 50 % et un rapport carbone sur azote (C/N) à environ 30.

La température du compost doit se rapprocher au maximum de 70°C afin de détruire les agents pathogènes compris dans le lisier (Salmonella) et les déchets de bananes (E.coli). Pour cela, la solution de mise en andain (voir la Figure 8) s'est avérée être la plus efficace (matière organique empilée en de longues rangées).

Rejets atmosphériques : les limiter au maximum



Photo 3 : Rejets atmosphériques.

D'autres changements au sein de la distillerie ont permis une prise en compte de certains paramètres environnementaux, comme l'augmentation de la capacité de distillation. Cela a entraîné le besoin d'acquérir une nouvelle chaudière afin d'augmenter la capacité de production de vapeur. Le changement de réglementation concernant les rejets atmosphériques est arrivé au

même moment, ce qui a poussé la Distillerie de Fonds-Préville à faire un choix technique de traitement des poussières par électrofiltre. La force électrostatique est utilisée pour séparer les particules solides d'un gaz. La mise en place de la nouvelle chaudière en 2018 répond aux normes les plus exigeantes. La Distillerie de Fonds-Préville est l'une des seules en outre-mer à s'être dotée d'un tel outil limitant les rejets atmosphériques (métaux lourds, monoxyde de carbone, oxyde d'azote et de soufre, et le taux de poussière notamment). Grâce à cette chaudière, les rejets atmosphériques ont diminué de 90 %.

Le bouilleur : économiser une eau précieuse

Enfin, avec la construction de la nouvelle chaudière, un bouilleur a été installé afin de supprimer l'injection directe de vapeur au niveau de la colonne à distiller. Ce système permet de travailler en circuit fermé. La vapeur produite dans la chaudière chauffe le bouilleur rempli de vinasse (jus fermenté dépourvu d'alcool en sortie de colonne). La vinasse est vaporisée et injectée au pied de la colonne afin d'extraire l'alcool du jus. Le principal avantage est une économie d'eau d'environ 6 000 m³ par an. Cette eau n'est donc plus prélevée dans la rivière. De plus, une économie est aussi réalisée sur les produits de traitement des eaux. En effet, l'eau n'entre pas en contact avec le jus fermenté. La quantité de vinasse produite est passée de 115 à 95 % en fin de production 2022.

Projet EDDEN au cœur de la réflexion industrielle

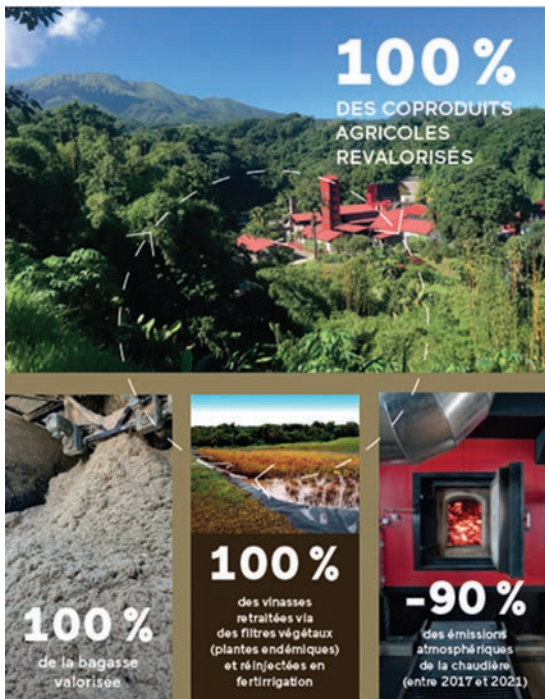


Photo 4 : Le projet EDDEN.

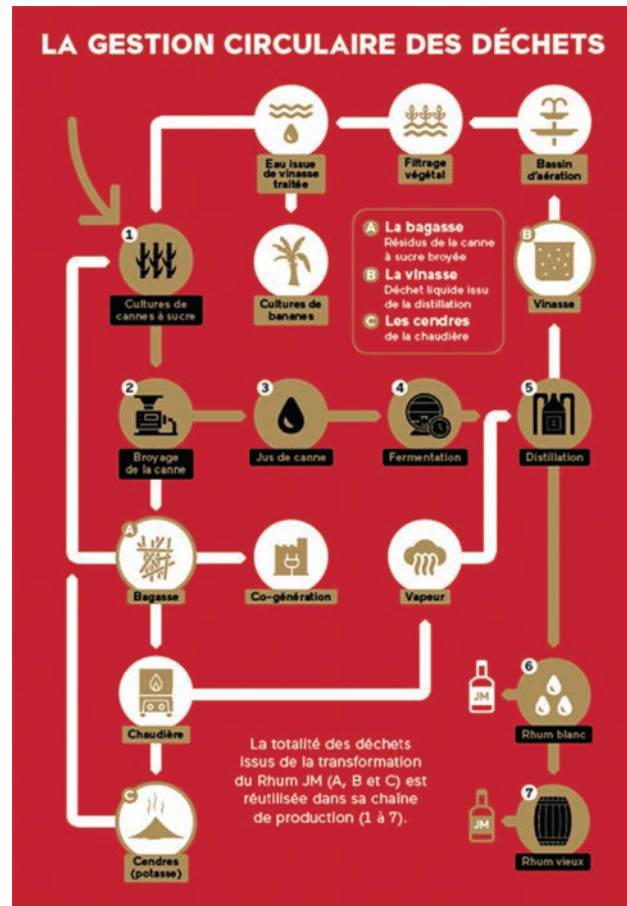


Figure 9 : Schéma de la gestion circulaire des déchets par la Distillerie de Fonds-Préville.

La réflexion sur l'impact environnemental a aussi abouti à un état des lieux de la distillerie d'un point de vue RSE (Responsabilité sociale des entreprises). De cette réflexion est née la démarche EDDEN. Depuis la vulgarisation de ce programme en 2022 au travers de différentes opérations de communication positive en France, en Italie et aux États-Unis, de nouveaux projets ont été entrepris comme la production d'un rhum bio ou la mise en place de la certification Bonsucro. Celle-ci promeut la production, la transformation et le commerce durable de la canne à sucre. De nombreux points sont vérifiés lors d'un audit de plus d'une semaine sur site sur les thématiques environnementales, sécuritaires et RSE.

Enfin, la réalisation d'un bilan carbone devra permettre de comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre liés à la distillerie, afin de pouvoir mettre en place de nouvelles actions correctives et réduire encore davantage son impact écologique. Aujourd'hui et depuis le début, la principale problématique résiduelle reste la consommation d'énergie. Pointée du doigt dans ce bilan, la limitation de la consommation d'énergie liée à l'augmentation de la puissance électrique nécessaire est l'enjeu majeur des années à venir. La Distillerie de Fonds-Préville pourrait ainsi espérer, peut-être, atteindre la neutralité carbone et, pourquoi pas, l'auto-suffisance énergétique ?

Bibliographie

CERVOISE L. (2018), « Terrerhum », <https://www.terrerhum.org/accueil>

⁽¹⁾CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE (2022), « Bilan de campagne 2022 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, DESHAYES M., BELLASSEE P., TOBINORD A., MILNIS D. & ROSINET S. (2016), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2016 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, DESHAYES M., MILNIS D., ROSINET S. & BELLASSEE P. (2017), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2017 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, DESHAYES M., MILNIS D., ROSINET S. & BELLASSEE P. (2018), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2018 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, DESHAYES M., MILNIS D., ROSINET S., VANITOU O. & BELLASSEE P. (2019), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2019 ».

⁽¹⁾ Toutes les données des rapports du CTCS ont été compilées entre 2010 et 2022 afin d'être utilisées dans cet article scientifique.

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, DESHAYES M., MILNIS D., RUBAL O. & BELLASSEE P. (2020), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2020 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, EDMOND F., MILNIS D., NOLEO A. & HENRY F. (2010), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2010 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, EDMOND F., MILNIS D. & RUCORT C. (2012), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2012 ».

CTCS, CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE DE LA MARTINIQUE, EDMOND F., MILNIS D., TOLLEREP A. & RUCORT C. (2013), « Suivi de fabrication des distilleries agricoles - Campagne 2013 ».

MORTUREUX M. (2015), « Avis de l'Agence nationale de Sécurité sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail relatif à la demande d'homologation du produit Cendres de Bagasse Albioma Le Gol, à base de cendres de bagasse de canne à sucre, de la société Albioma Le Gol ».

PROST-BOUCLE S., PELUS L., BECHEAU E., CERVOISE L., TROESCH S. & MOLLE P. (2023), "Combination of Sequencing Batch Reactor and Vertical Flow Treatment Wetlands: A Full-Scale Experience for Rum Distillery Wastewater Treatment in a Tropical Climate", *Nature-Based Solutions* 3 (décembre): 100056, <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100056>

Décarbonation, histoire et perspectives du SWAC (*Sea Water Air Conditioning*)

Par Richard H. BAILEY

Président de Pacific Beachcomber (PBSC)

Et Franck LUCAS

Université de Polynésie française

Le conditionnement de l'air à partir de l'eau de mer a fait l'objet d'une expérimentation sur l'île de Bora Bora, à l'issue d'une conversation sur l'île de Tetiaroa entre Richard H. Bailey et Marlon Brando ; une expérimentation qui s'est avérée nécessaire pour le développement touristique de l'île et économiquement rentable compte tenu des prix locaux de l'électricité, et ce tout en réduisant drastiquement les émissions carbonées par rapport aux procédés usuels de climatisation (systèmes à détente directe ou systèmes centralisés de groupe à eau glacée). Le retour d'investissement de cette expérimentation est évalué entre cinq et sept ans. Le procédé pourrait être étendu à d'autres cas. Il présente un intérêt certain dans un contexte où l'Agence internationale pour l'énergie estime que la consommation électrique mondiale liée à la climatisation va tripler d'ici à 2050 et la recherche de son efficacité revêt un haut degré de priorité.

Nous aborderons l'intérêt du SWAC (*Sea Water Air Conditioning*) en matière de décarbonation au travers de la restitution d'une conversation que nous avons eue avec Marlon Brando, et au cours de laquelle il a affirmé, sans ambiguïtés, que : « Non, je n'autoriserai aucun combustible fossile sur mon île (de Tetiaroa) ».

Nous sommes en 1999, moi-même (Richard H. Bailey) et Marlon sirotions un bourbon tard dans la nuit, dans sa maison de Beverly Hills, en Californie. La santé de Brando est chancelante. Il s'inquiète de l'avenir de son île privée, Tetiaroa, en Polynésie française, un lieu d'une beauté à couper le souffle, un écosystème fragile et vierge à peine modifié par l'homme et espace de retraite exclusif des rois de Polynésie depuis des siècles. Avant que les mots « durabilité » et « réduction des émissions de carbone » n'entrent dans le langage courant, Brando a compris qu'un nouveau type de tourisme était nécessaire. Un tourisme en symbiose avec la conservation, la recherche et l'éducation, afin que les générations futures de visiteurs puissent continuer à profiter de la beauté naturelle et du patrimoine culturel de la Polynésie, deux choses que les visiteurs viennent chercher en premier lieu. Cette rencontre a été l'occasion pour nous d'imaginer un nouveau paradigme de développement des stations balnéaires. En 2014, cette vision se concrétisera sous la forme du Brando Resort et de la Tetiaroa Society, société chargée de l'intendance de Tetiaroa.

« Mais Marlon », ai-je répondu, « vous pouvez oublier la climatisation si nous devons compter uniquement sur les énergies renouvelables, cela étant trop consommateur d'énergie. Vous vous rendez bien compte que 75 % de l'énergie nécessaire dans une station balnéaire tropicale sont consacrés à la climatisation ? »

« Non, non et non. Pour nous, le recours à la climatisation s'impose. Nos clients en ont besoin sous les tropiques. C'est essentiel, si nous voulons que ce projet soit rentable. Mais cette climatisation nous l'obtiendrons de l'océan », m'a-t-il dit.

« De l'océan ? ! », répondis-je. « Bien sûr », me rétorqua Marlon.

En mai 2000, sur recommandation de Brando, je rends visite au Dr. John Craven, au Laboratoire national de l'énergie à Kona, à Hawaï (NELHA). Le NELHA possède une conduite en eau profonde, qui a été utilisée pour prouver le principe de l'énergie thermique des mers (ETM) (ou OTEC, pour *Ocean Thermal Energy Conversion*) après la formation de l'OPEP en 1972, alors que le monde était à la veille d'un nouvel avenir énergétique. L'ETM utilise l'écart de température entre l'eau de surface et l'eau profonde pour créer de l'électricité grâce au cycle de compression/détente d'un fluide de travail qui entraîne une turbine. La conduite NELHA n'a jamais été utilisée pour servir au refroidissement. Quoi qu'il en soit, et selon les propos de M. Craven, il s'avère que si l'on veut produire du froid, l'ETM est 1 000 fois moins efficace que le simple transport d'une eau réfrigérée dans un

bâtiment⁽¹⁾. Le problème est que l'eau de mer est très corrosive. Pour illustrer ce problème, M. Craven me montre un vieux radiateur Toyota rouillé fixé sur le mur de son bureau, lequel est alimenté par de l'eau de mer brute et froide. C'est son système de climatisation. Il explique que si l'on a accès à de l'eau de mer profonde, le seul défi consiste dès lors à transférer cette source froide dans une boucle d'eau douce et à diffuser ensuite cette eau refroidie dans l'ensemble du lieu de villégiature. Cela n'avait jamais été fait auparavant, mais le principe de la climatisation à l'eau de mer (le SWAC) semblait en lui-même assez simple.

Ma société est la Pacific Beachcomber ; elle est basée à Tahiti. Nous développons, possédons et exploitons des complexes touristiques en Polynésie française. Nous ne sommes pas des investisseurs en capital-risque ou des ingénieurs de *start-up* technologiques, et encore moins un fonds d'investissement privé ou des fournisseurs d'énergie. Cependant, nous sommes chaque jour confrontés aux défis qui se posent à une petite économie insulaire située dans une région du monde incroyablement éloignée, qui est un tout petit point dans l'immensité de l'océan Pacifique et qui est à des milliers de kilomètres de toute ressource continentale. Les difficultés opérationnelles rencontrées en termes de chaîne d'approvisionnement, d'expertise technique, de logistique, de main-d'œuvre, de préoccupations environnementales et, bien sûr, d'énergie sont notre lot quotidien, des difficultés qui sont toutes exacerbées par l'éloignement et donc l'isolement extrêmes de ces îles du Pacifique.

Le coût commercial moyen du kWh d'électricité à Paris est d'environ 9,75 centimes d'euros. À Tahiti, il est d'environ 28,5 centimes d'euros, soit 3 fois plus. Pour toute innovation technologique de substitution énergétique, l'horizon de retour sur investissement à Tahiti est donc d'un tiers supérieur à ce qu'il serait en France. Les projets d'énergie renouvelable gérés en fonction des risques, qui ne se justifieraient pas dans une économie continentale comme la France, deviennent incontournables dans une économie insulaire comme Tahiti. De manière surprenante, la distance et l'éloignement font de Tahiti, ainsi que d'autres sites du « continent bleu » de l'Outre-mer français, les candidats les plus logiques pour mobiliser des capitaux privés en faveur de technologies durables innovantes.

En outre, le coût environnemental de l'électricité dans ces régions est beaucoup plus élevé, avec un niveau d'émission de CO₂ de 632 grammes par kWh à Tahiti, contre seulement 22 gCO₂/kWh en France.

C'est sur la base de ce constat que nous avons donc décidé d'expérimenter le processus de refroidissement SWAC dans l'un de nos nouveaux complexes hôteliers en construction à Bora Bora, celui de l'Intercontinental Thalasso Resort & Spa qui a été le premier en 2006

à être doté dans le monde du système SWAC. Les négociations menées avec Marlon Brando ont finalement progressé, et c'est ainsi que nous avons installé le deuxième système SWAC du monde dans le complexe hôtelier The Brando, en 2013. Les résultats ont été satisfaisants d'un point de vue technique dans les deux cas d'implantation précités, bien qu'à Bora Bora, la technologie d'ancrage se soit avérée inadéquate et ait nécessité la pose d'un nouveau tuyau en 2022. Les défauts de conception de ce système ont permis d'améliorer la conduite du SWAC alimentant l'hôtel The Brando.

Financièrement, le rendement des deux systèmes SWAC installés a été satisfaisant, avec des retours sur investissement se situant entre 5 et 7 ans. Nous avons soumis une demande au ministère des Finances français dans le but d'obtenir un financement fiscalement avantageux, comme le prévoit la loi. Dans le cas de Bora Bora, nous avons essuyé un refus, car le système SWAC ne figurait pas sur la liste des technologies Énergies renouvelables publiée sur le site Internet de l'Ademe ; de fait, le SWAC n'était pas considéré comme une énergie renouvelable. Dans le cas de Tetiaroa, le projet a été lui aussi rejeté, car le système SWAC a été considéré comme un fournisseur d'énergie n'ayant qu'un seul client, le complexe hôtelier, il était dès lors inéligible au bénéfice du dispositif fiscal envisagé.

Sur le plan commercial, les deux systèmes installés ont été des opérations couronnées de succès. En tant que société de construction de stations de villégiature, nous avons pu promouvoir l'empreinte carbone réduite de cette source d'énergie propre, non fossile et entièrement renouvelable. En outre, nous avons créé des expériences uniques pour nos clients en leur offrant l'extrême pureté de l'eau dans leurs traitements spa de type thalasso, ainsi que le froid nécessaire pour réaliser la thérapie par l'eau froide. Enfin, la facilité d'accès aux eaux profondes qu'offre cette technique a suscité un grand intérêt scientifique dans les domaines de la chimie des océans, de la séquestration du carbone bleu, de la résilience des récifs coralliens et dans bien d'autres domaines de la recherche scientifique.

D'un point de vue technique, le procédé SWAC est effectivement très simple dans sa conception. Il consiste à transporter de l'eau froide en phase liquide depuis les grandes profondeurs (- 960 m pour le cas de Brando) jusqu'à la surface pour la faire passer dans un échangeur de chaleur et la renvoyer dans l'océan à une profondeur où sa température est proche de celle du milieu marin. L'échangeur qui est alimenté par une boucle primaire d'eau de mer, permet de refroidir une boucle secondaire d'eau douce glacée qui est distribuée dans les bâtiments pour assurer la climatisation. Ce procédé particulier permet d'échapper à la limite physique à laquelle les installations de climatisation « conventionnelles » sont confrontées. Celles-ci fonctionnent suivant un cycle thermodynamique à compression de vapeur permettant de prélever de la chaleur sur une source froide pour la céder à une source chaude. Ce transfert est possible grâce à un apport d'énergie mécanique au niveau du

⁽¹⁾ Avant prise en compte de l'énergie électrique de pompage. Mais le résultat reste extrêmement favorable en l'intégrant, en particulier si cette énergie est de source renouvelable.

compresseur. Ces procédés « conventionnels » sont limités par la deuxième loi de la thermodynamique ou principe de Carnot, qui représente l'efficacité d'un cycle idéal basé sur quatre transformations réversibles : deux transformations isobares et deux transformations adiabatiques. Les recherches actuelles sur les cycles permettant de produire du froid ont pour objectif de s'approcher au plus près de cette « efficacité de Carnot »... sans pouvoir l'atteindre dans la réalité. Pour un cycle frigorifique de Carnot fonctionnant entre une source chaude à une température de 35°C et une source froide à une température de 25°C, l'efficacité de Carnot est de 30, mais l'efficacité théorique pour un cycle à compression de vapeur n'est plus que d'environ 8. L'efficacité réelle des machines récentes ne dépasse guère la valeur de 5. Avec le SWAC, cette limite n'existe plus...

Par ailleurs, le procédé SWAC comporte un autre avantage par rapport à la climatisation conventionnelle. Pour cette dernière, son efficacité est fortement affectée par les conditions de fonctionnement du cycle, notamment par les températures à l'extérieur des bâtiments et à l'intérieur de ceux-ci. Ce n'est pas le cas avec le SWAC. L'eau de mer puisée en profondeur présente une température constante ; de fait, l'efficacité du procédé ne dépend quasiment pas des conditions de températures intérieures et extérieures.

Alors, quelle est la véritable performance énergétique de la technologie SWAC ? Pour répondre à cette question, la seule alternative était d'instrumenter une installation existante et donc fonctionnant en conditions réelles. C'est ce qui a été fait sur l'installation du Brando, avec la mise en place d'équipements de mesure sur la boucle primaire d'eau de mer et sur la boucle secondaire d'eau glacée. Cette instrumentation complète permet d'évaluer les températures, les pressions, les débits d'eau, mais aussi, et surtout, les consommations électriques des deux boucles, dans le but de démontrer sans équivoque la performance du SWAC.

Mais la première question à se poser est celle-ci : comment évaluer la performance énergétique d'un tel procédé ? Pour exprimer celle des installations « conventionnelles », on calcule habituellement le ratio entre l'énergie froide produite dans les bâtiments et l'énergie électrique consommée par l'installation. Pour tenir compte des variations dans les conditions de fonctionnement, ce ratio est calculé sur une longue période d'activité. On définit ainsi un ratio d'efficacité frigorifique saisonnier ((ou Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)). Deuxième question : quelle énergie électrique doit-on considérer ? Celle consommée par la boucle primaire et déterminer par une valeur notée EER_{primaire} ou les énergies de toutes les boucles (primaires et secondaires) et correspondant à une valeur notée EER_{global} . Pour répondre à cette question, il faut savoir avec quels systèmes « conventionnels », on doit comparer le SWAC.

Le SWAC peut être proposé comme une alternative à deux familles de procédés de climatisation conventionnels. La première famille regroupe les systèmes à détente directe. Il s'agit des installations de type

"split system" utilisées pour climatiser un unique local (c'est notamment le cas le plus courant dans les hôtels de la Polynésie) ou de type « à volume de réfrigérant variable (VRV) » destinés à climatiser des petits bâtiments. La deuxième famille est celle des systèmes centralisés de type « groupes à eau glacée » (« chiller ») qui sont adaptés au rafraîchissement des grosses installations et les grands bâtiments. Dans le premier cas, le froid est produit directement dans le local et donc nul n'est besoin de disposer d'un réseau de distribution auxiliaire. Dans le deuxième cas, il faut transporter l'eau glacée depuis un local technique jusqu'aux locaux à climatiser, par l'intermédiaire d'une boucle de distribution.

Le SWAC est une installation de type « centralisé » nécessitant une boucle de distribution d'eau glacée entre les échangeurs et les locaux à refroidir. Si l'on souhaite donc comparer le SWAC à une installation à détente directe qui distribue le froid directement dans les locaux, il faut donc considérer le $SEER_{\text{global}}$. Par contre, si l'on souhaite faire une comparaison avec un système centralisé de type "chiller", il suffit alors de comparer entre elles des valeurs $SEER_{\text{primaire}}$, puisque, dans les deux cas, une boucle de distribution sera nécessaire et identique.

Les performances énergétiques des procédés « conventionnels » sont établies sur la base de conditions d'essais normalisées par des organismes indépendants, tels que EUROVENT. La valeur moyenne du SEER est de 6,8 pour les *split systems* et de 6,5 pour les systèmes DRV. Pour les "chillers", la valeur moyenne est de 4,8 [1].

Les mesures effectuées, entre avril 2021 et avril 2022, sur l'installation SWAC de Tetiaroa ont donné une valeur moyenne de $SEER_{\text{primaire}}$ de 135 et une valeur moyenne de $SEER_{\text{global}}$ de 25 [2].

Le gain énergétique apporté par le SWAC est donc considérable et se traduit par des réductions massives des consommations électriques et des émissions de dioxyde de carbone. Mais l'intérêt de ces mesures est aussi dans le fait qu'elles laissent également entrevoir des améliorations potentielles des performances de la technologie elle-même. En premier lieu, une meilleure régulation des débits des boucles primaires et secondaires permettrait de diminuer encore plus leur consommation et de stabiliser la température de retour de la boucle secondaire d'eau glacée à 12°C (elle oscille actuellement autour de 11°C). Pour les futures installations, une élévation du régime de température de cette boucle secondaire conduirait à des améliorations substantielles des performances et à des réductions des coûts d'investissement. Elle permettrait également d'exploiter la technologie SWAC dans des zones où les bathymétries sont moins favorables. D'autres options sont envisageables pour élargir le potentiel du SWAC, comme l'utilisation ponctuelle d'un appoint par un "chiller" pour gérer les pics de demande de froid ou aussi l'utilisation d'un stockage thermique. Le couplage du SWAC avec une installation OTEC permettra de cogénérer du froid et de l'électricité et ainsi de valoriser au maximum l'eau froide prélevée.

Les pistes de déploiement sont nombreuses et prometteuses, mais des travaux de recherche importants seront nécessaires pour les valider. Ces premières analyses montrent que la technologie SWAC, là où elle pourra être appliquée, permettra de réduire significativement la consommation électrique mondiale liée à la climatisation. Une consommation, qui selon une étude de l'Agence internationale de l'énergie, pourrait être multipliée par 3 d'ici à 2050 [3].

Références bibliographiques

- [1] Eurovent certification, <https://www.eurovent-certification.com/>
- [2] SANJIVY Kanhan, MARC Olivier, DAVIES Neil & LUCAS Franck (2023), "Energy performance assessment of Sea Water Air Conditioning (SWAC) as a solution toward net zero carbon emissions: A case study in French", Energy Reports 9, Polynesia, pp. 437-446.
- [3] International Energy Agency (2018), "Futur of cooling", OECD/IEA.

Flexibilité de l'outil de transformation, un impératif pour réussir un projet industriel en Polynésie

Par Bruno BELLANGER
Groupe Brasserie de Tahiti

La Polynésie, territoire français autonome de 300 000 habitants isolés au milieu de l'océan Pacifique, doit relever, dans un proche avenir, les challenges de diminuer sa dépendance aux importations et de créer les emplois qui financeront sa politique sociale. Pour cela, elle doit s'équiper d'équipements de transformation qui lui permettront de produire une plus grande partie de ce qu'elle consomme, sans pour autant peser sur le pouvoir d'achat. À cette fin, il faut que les producteurs s'équipent d'outils qui leur permettront de rester rentables tout en proposant des tarifs équivalents à ceux des produits concurrents importés. Pour réussir ce défi, trouver des outils de transformation capables de produire un large spectre de produits est la condition *sine qua non* du succès, la taille et la capacité de production des outils classiques habituellement proposés par les fabricants restant surdimensionnés par rapport aux besoins du marché polynésien. La flexibilité de l'outil de transformation sera alors la clef de la réussite de leur projet.

La Polynésie française est un territoire marin français de 50 millions de km² fortement isolé au milieu de l'océan Pacifique, dont la population s'élève, au recensement de 2022, à 304 000 habitants. La population active au sens du Bureau international du travail (BIT) y est estimée à 110 000 personnes de 15 à 64 ans, comprenant 96 000 actifs en emploi – dont 70 000 salariés déclarés à la caisse de protection sociale – et 14 000 chômeurs.

Alors que, du fait de l'éloignement, les contraintes d'approvisionnement sont très importantes et que les frais de transport influencent fortement le coût de la vie locale, le secteur industriel, qui serait à même de remplacer de nombreux produits importés par des productions locales et de créer un nombre significatif d'emplois qualifiés, tarde à se déployer dans ce pays du bout du monde.

La faute en revient très souvent à une offre d'équipements de transformation dont les capacités de production sont disproportionnées par rapport à la taille du marché polynésien, et à son incapacité d'envisager des exportations significatives depuis ce territoire où le coût de la main-d'œuvre et celui de l'énergie sont nettement plus élevés que ceux de ses voisins du Pacifique.

L'activité de production étant concentrée quasi intégralement sur un marché intérieur de taille restreinte, l'offre existante en équipements de transformation disponibles est aujourd'hui trop souvent inadaptée au marché polynésien.

Les unités de production modernes sont en effet conçues pour être les plus performantes possible, ce qui implique très souvent une spécialisation poussée à l'extrême, et son corolaire, une très faible flexibilité dans l'utilisation habituelle.

Pour s'adapter à cette contrainte, il est impératif, pour celui qui veut produire en Polynésie, d'avoir une réflexion poussée en amont sur le choix des équipements de transformation, afin que ceux-ci soient capables de produire une gamme d'articles la plus vaste possible, quitte à sacrifier un peu la productivité des productions envisagées. Ce sacrifice ne doit toutefois pas se faire trop aux dépens du prix de revient des productions, qui doivent rester compétitives vis-à-vis des produits importés.

Si le producteur arrive, sur un secteur donné, à résoudre cette équation, sa production pourra alors se substituer à l'importation, et il pourra créer ainsi les emplois et la valeur ajoutée dont la Polynésie a impérativement besoin pour son développement économique et social.

À plusieurs reprises au cours de ma carrière d'industriel en Polynésie, j'ai dû élargir ma réflexion d'une première option assez logique et évidente à une autre, plus complexe, mais qui, au final, a intégré le facteur déterminant de la rentabilisation de l'investissement.

Je citerai en exemple une ligne de conditionnement de liquides ménagers – fabriqués sous licence d'un grand nom de l'industrie de ces produits – qui avait initialement été pensée avec un équipement de cadence moyenne

grâce à un classique registre multi-têtes de remplissage et boucheuse automatisée en ligne... projet initial qui a finalement été remplacé par plusieurs machines de remplissage mono-bec couplées avec une boucheuse semi-automatique. Cet équipement, toujours en activité vingt ans après sa mise en service, a pu, grâce à sa polyvalence et son adaptabilité extrême à faible coût, suivre les évolutions du marché et être utilisé pour tous les liquides et les formats de flacons développés durant ces vingt ans.

Je retiendrai également un simple calcul qui a permis de produire, certes sans une optimisation totale, une gamme de cordes en polyéthylène haute densité de 4 à 22 mm de diamètre, à partir d'un monofilament initial identique pour toutes les cordes. L'utilisation d'un même monofilament a réduit de 25 % le coût des outillages nécessaires pour lancer cette production, et a assuré la rentabilité initiale du projet.

Enfin, une machine d'extrusion soufflage conçue spécialement en Allemagne pour la fabrication de bouées (utilisées en Polynésie dans les fermes où se cultive notre fameuse perle noire), qui s'était vu affubler – dès la conception – d'un second équipement (tête d'extrusion et vis spécifique), a vu sa carrière perdurer bien après l'arrêt de la fabrication des bouées, en devenant... une ligne de production de bouteilles 5 gallons en polycarbonate.

Tous ces paramètres techniques bien spécifiques doivent impérativement être anticipés à la commande de l'équipement, rendant à la réflexion en amont son

caractère primordial lorsqu'il s'agira d'exploiter de manière économiquement rentable lesdits équipements.

L'équation, souvent complexe à résoudre, ne trouverait rarement de solution sans l'appui des lois de défiscalisation métropolitaines existantes, qui s'avèrent indispensables pour l'acquisition d'outils de transformation adaptés à la flexibilité recherchée. Sans ce soutien financier à l'investissement, de nombreux projets visant à substituer l'importation de produits par une production locale n'auraient pu voir le jour.... Privant au passage la Polynésie des emplois dont elle a cruellement besoin pour équilibrer ses comptes sociaux.

En conclusion, la flexibilité de l'outil industriel de transformation est un élément clé de la réussite d'un projet industriel en Polynésie. Cette flexibilité permet de compenser l'étroitesse du marché, qui n'est pas adapté aux outils des catalogues des fournisseurs qui sont, eux, orientés vers les grandes cadences et la forte productivité. La Polynésie a besoin de se rendre moins dépendante des importations, objectif particulièrement visible en cette période inflationniste. Elle doit également créer les emplois qui lui permettront d'équilibrer ses comptes sociaux et d'assurer son développement économique et social. Pour cela, elle doit impérativement trouver les outils de transformation qui lui permettront d'atteindre ses objectifs, et la flexibilité de ceux-ci sera assurément la base du succès des projets qui seront développés.



Logo MADE IN FENUA, développé en 2010 par le SIPOF (Syndicat des industriels de Polynésie française) pour encourager la population à consommer des produits fabriqués par les entreprises locales (Source : SIPOF).

France-Antilles, d'une réalité en crise à la révolution industrielle numérique en outre-mer

Par Claude PERRIER

Directeur général de *France-Antilles* et de *France-Guyane*

Et Nicolas FRANÇOIS

Directeur industriel et des sites de production

En 2023, la presse papier est affectée d'une crise internationale.

Ce phénomène, qui touche les journaux traditionnels mais aussi les magazines imprimés, apparaît sous l'effet de plusieurs facteurs complexes et multidimensionnels.

C'est une réalité : sans un sursaut stratégique des groupes de presse, le support papier tendra à disparaître, et particulièrement en outre-mer.

À la suite d'un constat sans équivoque, Claude Perrier, directeur général du Groupe Presse Antilles Guyane, tente l'aventure du 100 % impression numérique, de l'industrie verte et du renouveau de la presse papier aux Antilles. Un résultat positif au rayonnement international dès la première année, en remportant le prix de l'innovation technique de la presse en 2022.

Les facteurs complexes d'une crise mondiale

En 2023, la presse papier est affectée d'une crise internationale. Ce phénomène, qui touche les journaux traditionnels mais aussi les magazines depuis quelques années, apparaît sous l'effet de plusieurs facteurs complexes et multidimensionnels. Ils peuvent être économiques, technologiques ou générationnels, et cette combinaison atteint durement les modèles économiques des éditeurs. La réaction doit être rapide, forte et commune. C'est une réalité : sans un sursaut stratégique des groupes de presse, le support papier tendra à disparaître dans plusieurs régions du monde, et notamment en outre-mer.

L'impact de la crise sanitaire dès 2020 sur la production du papier, des encres et plaques offset, est significatif. Mais aussi sur la production de composants électroniques et pièces mécaniques, indispensables au bon fonctionnement d'une presse rotative et des machines annexes (ligne de conditionnement, cerceuse...).

Les coûts de l'énergie et des matières premières en constante augmentation ont entraîné des augmentations importantes des produits finis et de leur transport. À titre d'exemples d'augmentations subies par le journal *France-Antilles* entre 2020 et fin 2022, le coût du papier journal standard a crû de 92 %, celui de la plaque offset de 11 %, et des encres de 10 à 15 %. Le secteur de l'imprimerie est donc malmené par l'augmentation du coût de production.

À cela s'ajoute un impact environnemental significatif, si des actions plus durables ne sont pas pratiquées telles que l'utilisation d'encre à base d'eau en remplacement de solvant, le recyclage des plaques offset, une gestion optimale des déchets et l'utilisation de papier recyclé.

Le volume de diffusion en diminution est lui aussi un facteur important. Des machines d'une capacité de production à grande échelle deviennent peu à peu une solution d'impression démesurée.

Le média papier doit suivre l'évolution d'une concurrence féroce du digital et la masse d'information proposée au public. Il doit proposer une évolution innovante et protectrice de l'environnement. Le journal quotidien a l'obligation d'offrir un service « sur mesure » et « à la demande » à un panel toujours plus large de lecteurs toujours plus exigeants. Le lecteur est aujourd'hui acteur de son information et ne souhaite plus subir l'information. Le média papier n'est plus adapté à chacun. Il devient généraliste quand le lecteur souhaite une information hyper locale qui le concerne.

L'offre digitale permet la diffusion de publicités ciblées et plus rentables. Ceci provoque la fuite du support papier par les annonceurs. Cette perte de revenu publicitaire est elle aussi un facteur important de la crise de la presse papier.

Une remise en question devient donc nécessaire pour chaque éditeur. Un effort commun par la mutualisation de la production des titres, l'obligation de diversité, une refonte complète des stratégies de production, de diffusion et commerciale, s'impose.

Une crise décuplée en outre-mer

L'insularité crée un contexte particulier quant à l'impression et la diffusion des titres de presse. La situation géographique et l'éloignement des territoires accroissent les difficultés déjà rencontrées dans l'Hexagone. Tout est plus loin, tout est plus long à transporter, tout est plus cher.

Des contraintes démultipliées par rapport à l'Hexagone

C'est un fait, l'effet insulaire engendre des délais plus longs et coûts plus élevés de transport. Ces facteurs jouent un rôle important dans l'organisation générale d'une imprimerie. L'anticipation reste la clé, et les aléas industriels doivent être palliés par des stocks volumineux de papiers, d'encre, de plaques et de pièces de rechange.

La diffusion est elle aussi plus complexe à élaborer. En effet, la faible densité et la dispersion géographique des habitants rendent la distribution parfois plus compliquée et plus coûteuse qu'en métropole.

La forte concurrence de l'information numérique, des réseaux sociaux, l'arrivée de la presse gratuite et de nouveaux acteurs en ligne dissuadent également le consommateur d'acheter des journaux, là comme ailleurs.

L'autre conséquence de cette insularité est la difficulté de proposer aux lecteurs de l'île la presse quotidienne nationale dans des délais satisfaisants. Devant l'impossibilité d'imprimer ces titres localement dans des conditions de prix et de délais réalistes, l'acheminement se fait depuis la France métropolitaine par avion. Or, les délais sont insatisfaisants quand un titre est proposé à J + 2, voire J + 3. D'autre part, les répercussions sur l'environnement sont mauvaises (plus de 5 kg de gaz à effet de serre (GES) sont produits par kilo de journal). Le transport est coûteux (1,6 l de kérosène par kg de journal).

Ainsi, la diffusion de ces titres de la presse quotidienne nationale (PQN) reste-t-elle confidentielle et peu rentable.

La problématique de France-Antilles

Contexte et enjeux

En 2020, le quotidien *France-Antilles* propose trois éditions. Deux éditions papier pour la Guadeloupe et la Martinique, diffusées respectivement à 7 000 et 9 000 exemplaires du lundi au mercredi, 15 000 et 22 000 exemplaires proposés au format VSD (pour vendredi, samedi, dimanche), et une édition digitale quotidienne pour le département de la Guyane.

L'équipement industriel est composé d'une presse rotative offset située en Guadeloupe, vétuste et ne remplissant plus les critères de production actuels de plus en plus exigeants, tels que l'optimisation des consommables, l'aspect environnemental et l'adaptation aux diminutions des tirages.

La quantité de journaux à produire pour les deux départements est trop faible pour justifier l'impression sur une presse rotative offset. En effet, pour un tirage d'environ 7 000 exemplaires pour la Guadeloupe et 9 000 pour la Martinique, la perte au démarrage pour chacune des éditions est de 30 à 40 % de la production, soit une moyenne d'environ 3 000 exemplaires par lancement de production.

La vétusté de la machine engendre donc un manque de fiabilité mais aussi de qualité d'impression. Les coûts d'intervention sur machine sont également élevés, et l'achat de pièces spécifiques fastidieux quand le seul fournisseur se situe en Allemagne.

La diffusion des titres locaux s'érode, et avec la perte des abonnés, la rentabilité du support papier n'est plus au rendez-vous.

Pour cela, plusieurs raisons :

- Il nous est impossible de mutualiser des moyens de production, car nous sommes les seuls éditeurs locaux de presse quotidienne sur support papier. Ainsi, la seule mutualisation possible fut entre nos éditions de Martinique et de Guadeloupe. Après une année de tentative de production centralisée sur le site de Guadeloupe, force est de constater que cette solution n'est pas pérenne.
- Le coût du transport aérien est extrêmement important (1,2 M€ par an pour 3,5 M d'exemplaires).
- L'impact environnemental de ce transport est important : plus de 60 tonnes de kérosène par an pour presque 200 tonnes de gaz à effet de serre. Les conditions de transport inter-îles ne sont pas fiables (fermetures de pistes en soirée, nécessité de bouclages anticipés...), tous ces facteurs ont un effet important sur notre diffusion, l'image de la marque, et créent beaucoup d'insatisfaction des lecteurs, des abonnés et des annonceurs.

Les options possibles

L'objectif est d'adapter l'offre au meilleur équipement possible en termes de coûts, qualité, délai et impact environnemental. Plusieurs options ont été comparées.

Sous-traiter l'impression chez un opérateur local

Il n'y a aucun équipement adapté à l'impression quotidienne sur papier journal. On trouve des presses offset feuille-à-feuille, mais le coût d'une telle impression est disproportionné car le processus serait composé de nombreuses étapes de production, des encres onéreuses et un papier bien supérieur à celui que l'on utilise en presse. Il existe aussi une rotative offset avec sécheur (à gaz), mais la mise en œuvre de cet équipement comporte les mêmes inconvénients qu'en machine feuille, avec en plus l'impact économique et environnemental du gaz, et des coûts fixes de mise en œuvre (calage) bien supérieurs et générateurs de perte papier (gâche).

Installer une machine de presse localement (Guadeloupe et Martinique)

Les coûts fixes de production (calage) deviennent significatifs devant la quantité de journaux à produire : la main-d'œuvre requise et les coûts de maintenance sont importants ; la perte papier est importante (environ 80 t/an) ; les encres sont à base d'hydrocarbures,

ou au mieux à base d'huiles végétales provenant de cultures intensives (colza) ; les plaques offset sont faites d'aluminium et sont remplacées à chaque tirage (8 350 plaques par an, soit 3,6 t/an). Cette technologie n'est donc plus adaptée à notre contexte d'insularité, et ne permettrait en aucun cas de produire les petites quantités dont les éditions auraient besoin.

Installer une presse numérique adaptée à l'impression des journaux

Ce type d'équipement a déjà été installé avec succès pour imprimer des titres de presse, hebdomadaires régionaux du Nord de la France et quotidiennes régionales pour imprimer les plus petites éditions de son titre.

En Angleterre, la quantité des quotidiens anglais diffusée dans les îles anglo-normandes est imprimée localement avec cette solution.

Les avantages de cette solution sont nombreux : la technologie « jet d'encre » ne nécessite aucun calage, pas de plaques, et donc peut être mise en œuvre pour de très petits tirages (voire un seul exemplaire). Les encres utilisées sont à base d'eau, donc peu, voire pas polluantes. La perte papier (gâche) est réduite au minimum. Les formats sont variables, donc adaptables aux différents titres.

Cette technologie nécessite peu de main-d'œuvre, et le processus est entièrement contrôlé. Le nombre d'éditions peut être augmenté par une offre variée de contenus sur mesure, sans augmentation de coûts de production.

C'est donc cette solution qui a été choisie permettant la mutualisation avec les besoins des titres de PQN ; son impact environnemental et sa versatilité sont adaptés au contexte insulaire.

La révolution industrielle numérique

Les raisons du choix du numérique

Le projet est donc de réaliser une production localisée et innovante dans chaque département (Guadeloupe et Martinique), et qui permettra de mettre fin au transport aérien et ainsi réduire l'impact environnemental, fiabiliser la sortie du journal, améliorer le service aux lecteurs et annonceurs, et de réduire drastiquement les coûts logistiques.

Pour cela, si l'on écarte les options d'une rotative de presse, coûteuse, disproportionnée par rapport à la quantité à produire, et l'impression en offset feuille ne permettant pas de tenir les délais et requérant une main-d'œuvre importante, rendant le coût de production prohibitif, le projet d'une presse numérique devient alors la solution industrielle.

Très adaptée aux petits tirages : le premier exemplaire est identique au dernier. Il y a très peu de perte papier, les encres sont à base d'eau au lieu d'hydrocarbures, l'exploitation est facile, on met fin à l'utilisation de plaques et aux calages machines. En outre, il y a la possibilité de multiplier les sous-éditions, et de mieux

répondre aux attentes des lecteurs et des annonceurs par l'exploitation de la donnée variable.

Cette technologie n'existe pas dans les Antilles, comme aucune autre capacité à produire des journaux dans nos volumes.

La technologie au service du papier

La presse numérique est une rotative bobine-bobine Kodak Prosper 6000 qui produit à 300 m/minute. Cela représente une capacité à produire 6 000 exemplaires d'un tabloïd de 32 pages par heure.

Au cœur de la Prosper 6000 se trouve un système d'impression intelligent avec des fonctionnalités sophistiquées visant à assurer une qualité d'image optimale, tout au long de la production. Une combinaison de suivis vidéo en ligne et de commandes logicielles avancées permettent à la presse de faire des ajustements en temps réel qui affinent et améliorent la qualité d'impression.

La Kodak Prosper 6000 est conçue et construite avec une gamme avancée de fonctionnalités pour optimiser la vitesse d'impression, assurer le bon fonctionnement et maximiser la productivité.

En complément, deux machines de finition spécifiques à l'impression numérique du constructeur Hunkeler viennent finaliser la ligne de production, et permettent d'absorber la cadence de 300 m/minute de la presse numérique. Ces lignes spécialement conçues pour la production de donnée variable permettent la finition de différents formats de journaux.

La technologie numérique offre la possibilité de création de contenu personnalisé, avec la donnée variable et segmentée. Chaque journal peut alors être unique. Une infinité de solutions s'offre même à l'éditeur pour proposer un contenu pertinent. L'éditeur peut proposer une édition différente selon les zones géographiques du territoire, et donc redevenir hyper local. L'offre auprès des annonceurs est optimale et plus performante en leur permettant d'être au plus proches de leur cible à moindre coût. Le même emplacement d'une même édition peut être vendu plusieurs fois à différentes zones géographiques.

Le numérique permet donc de créer des contenus adaptés à différents profils de lecteurs et d'annonceurs. L'information papier devient spécifique et adaptée aux besoins de chacun.

Un projet révolutionnaire

En optant pour cette technologie, le Groupe Presse Antilles Guyane participe à améliorer l'impact environnemental par la réduction quasi totale de gâche papier, l'utilisation d'encres sans solvants ni hydrocarbures, la fin d'utilisation de plaques offset et d'une forte consommation d'eau. Le modèle industriel de Presse Antilles Guyane devient alors *eco-friendly* pour des territoires d'outre-mer hyper fragiles du fait de leur écosystème.

La capacité d'impression de différentes éditions à un faible tirage ouvre la possibilité d'imprimer localement et de diffuser le jour de leur parution des quotidiens

nationaux tels que *L'Équipe*, *Le Figaro*, *Les Échos*, *Le Monde*, qui à ce jour, viennent de l'Hexagone par voie aérienne et sont donc diffusés avec plusieurs jours de retard. Ces tirages sont tout à fait réalisables dans des conditions économiques optimales avec l'équipement numérique, et dans les créneaux de production envisagés, grâce au décalage horaire.

C'est une révolution pour des territoires privés jusqu'à maintenant de médias papier nationaux le jour de leur parution.

France-Antilles révolutionne ainsi l'industrie de la presse papier en étant, à ce jour, le seul quotidien au monde à être produit entièrement sur une presse numérique.

Les perspectives

Du fait de sa situation géographique, Presse Antilles Guyane se devait d'amorcer une transition écologique. L'investissement dans deux lignes de production numériques change drastiquement l'impact environnemental du journal. *France-Antilles* se veut aujourd'hui *eco-friendly*, et démontre que la production d'un journal peut être en adéquation avec les règles environnementales strictes et s'intégrer pleinement dans les écosystèmes fragiles de la Guadeloupe et de la Martinique.

Cette nouvelle industrie numérique proposera, à terme, un contenu différencié et plus proche des attentes des lecteurs, abonnés et annonceurs. Elle permettra d'améliorer et diversifier la forme rédactionnelle des

publications imprimées en proposant des éditions locales, des nouvelles rubriques quotidiennes, des événements et jeux en interaction avec la partie *web* du groupe. L'exploitation des multiples possibilités de la donnée variable, la qualité d'impression et la stabilité de production seront les facteurs clés de la fin de l'érosion de la diffusion et de la publicité.

Ainsi, dans sa reconquête de l'information dans les territoires Antilles-Guyane, la production depuis la Martinique d'un hebdomadaire papier pour la Guyane est déjà effective et en constante augmentation, avec 2 500 exemplaires distribués et un taux d'invendus ne dépassant pas les 20 %.

Des emplacements stratégiques, au cœur d'un site touristique accueillant plus de 200 000 visiteurs par an en Martinique, et un réaménagement total au cœur du poumon économique de la Guadeloupe auront pour objectif de renouer avec la population.

Ce projet permet de s'ouvrir aux lecteurs, aux passants, aux écoles, aux touristes afin d'attiser la curiosité des métiers de la presse, et faire découvrir une entreprise locale et ultra moderne.

Il permet également de communiquer, de redorer la presse papier, de faire rayonner les Antilles par la production de son quotidien et sa stratégie de diffusion unique au monde.

Les Antilles deviennent aujourd'hui une vitrine mondiale pour tout groupe de presse fortement touché par la crise de diffusion et les contraintes d'insularité.

La décarbonation de la place portuaire guyanaise à partir de la valorisation des sargasses

Par Philippe LEMOINE

Président du directoire et directeur général du Grand port maritime (GPM) de la Guyane

Le Grand port maritime de la Guyane (GPM Guyane), établissement public de l'État, a été créé en 2013 pour gérer les installations portuaires de Dégrad des Cannes, sur la commune de Rémire Montjoly, et celles de Pariacabo, sur la commune de Kourou.

L'objectif du GPM Guyane est d'accompagner le développement économique de la Guyane en facilitant les importations et les exportations, et ce en mettant ses installations portuaires à disposition de toute activité industrielle nécessitant des échanges par voie maritime, dans un contexte global de transition énergétique et écologique.

Partant du constat d'un besoin de fertilisants pour l'agriculture guyanaise et de la nécessité de décarboner la plateforme portuaire, le GPM Guyane a lancé des recherches sur la possibilité de récolter, pour en tirer à la fois de l'engrais et de l'énergie, les sargasses au large des côtes, avant qu'elles n'aillent s'échouer sur celles de l'arc caribéen.

Ces transformations nécessitent une production d'électrons verts à partir de la méthanisation des sargasses, de panneaux solaires photovoltaïques et de l'énergie osmotique.

Le dernier maillon de la réforme portuaire engagée depuis de nombreuses années par l'État a conduit à la mise en place d'une nouvelle organisation des ports d'Outre-mer dans l'objectif de répondre aux exigences de performance et de compétitivité face à l'évolution du commerce maritime international et à la concurrence des ports étrangers. Ce nouveau cadre permet également de faciliter l'investissement portuaire et la réalisation des projets d'infrastructures portuaires dans les DOM. Dans le cadre des nouvelles ambitions qui leur sont assignées, il appartient à ces établissements publics portuaires d'intégrer leurs installations dans leur environnement industriel avec pour objectif de soutenir le développement économique et maritime des Outre-mer, d'exploiter les nouvelles ressources minières et énergétiques, de proposer une vision d'ensemble et argumentée de l'aménagement pour assurer la gestion du domaine public maritime et de s'inscrire dans une démarche de développement durable et de transition écologique.

La stratégie nationale portuaire prévoit également la définition de thématiques de recherches prioritaires, ainsi que l'élaboration d'une feuille de route nationale de recherche et d'innovation portuaire, qui permettra de fédérer la recherche dans le domaine portuaire et de

mieux anticiper les grandes transitions et mutations qui impacteront les ports et l'ensemble de leur écosystème, notamment industriel.

La démarche du Grand port maritime (GPM) Guyane s'inscrit pleinement dans cette transition énergétique et écologique de son activité, en combinant cet objectif avec l'ambition de contribuer au développement économique du territoire guyanais.

Si l'énergie est au cœur des transformations à venir, le développement de l'agriculture guyanaise est également fondamental pour donner au territoire davantage de souveraineté alimentaire, dans le respect des enjeux de la transition écologique. Cette agriculture a un grand besoin de fertilisants qui aujourd'hui proviennent d'hydrocarbures. Le GPM Guyane souhaite donc s'intégrer dans cette double démarche de transition énergétique et de souveraineté du territoire.

Dans cette perspective, le GPM Guyane s'est intéressé depuis trois ans au phénomène de développement des sargasses en mer, en analysant les problématiques de l'échouage de ces algues sur le littoral pour mieux les prévenir compte tenu des conséquences potentielles sur la navigation et sur le développement économique du territoire. Il a également étudié les possibilités de leur valorisation à des fins agricoles et énergétiques.

Le pullulement des sargasses au large du plateau des Guyanes

Les sargasses sont des algues prolifiques qui croissent en pleine mer et viennent s'échouer sous l'effet des vents et des courants sur les côtes des pays de la Caraïbe, voire du plateau des Guyanes. Lorsqu'elles s'échouent sur le littoral, elles le rendent progressivement impropre à toute activité, qu'elle soit touristique, de pêche ou autre. En effet, au bout de quelques jours leur décomposition émet des gaz malodorants et toxiques, et leurs déchets incrustés de sable ne peuvent être valorisés d'aucune manière et doivent donc être enfouis.

Depuis 2021, le GPM Guyane a consacré ses efforts de recherche à la localisation des bancs de sargasses et la trajectoire qu'ils suivent au large de la Guyane, ainsi que sur la caractérisation de ces algues et de leur milieu ambiant.

En effet, les sargasses s'accumulent au large du plateau des Guyanes, dans une zone appelée « Petite mer des sargasses » (PMS), à partir de laquelle elles traversent l'océan Atlantique jusqu'aux côtes africaines dans un mouvement de va-et-vient. Et sous certaines conditions météorologiques, elles partent par paquets vers l'arc caribéen pour s'y échouer, voire plus rarement sur le littoral des pays du plateau des Guyanes (Nord-Brésil, Guyane française, Surinam, Guyana).

Si les échouages des sargasses sur le littoral des îles antillaises font l'objet d'études depuis quelques années, ce n'est pas le cas des concentrations de sargasses et de leur évolution au fil des saisons au large du plateau des Guyanes. Les éléments de caractérisation diffèrent totalement entre ces phénomènes littoraux et ceux qui se déroulent au large, en zone PMS.

Grâce à la collecte d'images à partir des détecteurs MODIS, OLCI S3A et OLCI S3B, embarqués à bord des satellites AQUA (satellite américain d'observation de la Terre) et SENTINEL 3A et 3B (satellites du programme européen Copernicus pour le contrôle et la surveillance environnementale), la société CLS, œuvrant pour le compte du GPM Guyane, a pu mettre au point un outil de détection et de suivi des sargasses et confirmer ainsi la présence d'une concentration de ces algues au large de la Guyane, dans la zone appelée « Petite mer des Sargasses » (PMS). CLS a par ailleurs développé un indice pour évaluer la concentration des sargasses : le Normalized Floating Algae Index (NFAI).

Ainsi, Sam Tool, l'outil développé par CLS, permet de prévoir les trajectoires des sargasses à partir des données satellitaires recueillies, lesquelles sont réinterprétées en tenant compte des conditions météorologiques de la zone.

La zone d'étude correspondant à la petite mer des Sargasses a pu être circonscrite de la manière suivante :

- longitudes de 50°W à 38°W,
- et latitudes de 4°N à 10°N 4.2.

Le GPM Guyane organise des missions en mer afin de corroborer ces données issues de l'observation satellitaire avec des observations *in situ* et de prélever des échantillons de sargasses à des fins de caractérisation fine. À cette occasion, la mise à l'eau de bouées MARGET (Balise MargetV2 2 cellules) à l'intérieur des bancs rencontrés a permis de suivre la trajectoire des sargasses pendant trois mois. Les trajectoires suivies entre la petite mer des sargasses, au large du plateau des Guyanes, et les côtes africaines ont ainsi été confirmées avec l'appréciation des vitesses de déplacement.

L'étude montre qu'un suivi régulier du positionnement des sargasses (dites « algues brunes ») dans la zone PMS couplé à un modèle de dérive lagrangien permet d'anticiper les pics de leur présence dans la zone, et de leur arrivage sur les côtes.

Il existe trois types de sargasses :

- les sargassum fluitans III,
- les sargassum natans I,
- et les sargassum natans VIII.

Elles se développent ensemble, dans les mêmes conditions, et il n'est pas possible de véritablement les séparer lors des collectes systématisées. Toutefois, elles n'offrent pas toutes les mêmes ressources en termes de valorisation, notamment par rapport à des fins cosmétiques ou pharmaceutiques. Il se développe un biotope très varié au sein des amas de sargasses, le milieu étant riche en oxygène. Les analyses physico-chimiques des prélèvements effectués en zone PMS montrent que les sargasses présentes au large sont exemptes de toute contamination par des pesticides ou des herbicides, par le mercure, sous quelque forme que ce soit, ou par les polychlorobiphényles (PCB). Le seul handicap notable à une valorisation de ces algues est la présence dans celles-ci de sel marin (NaCl) et d'arsenic. Le bureau d'études NBC apporte au GPM Guyane son assistance dans la conduite des prélèvements et des analyses. Les résultats de ces analyses de caractérisation peuvent varier selon les différentes méthodes de conservation (à l'air libre, dans l'eau ou congélation) des sargasses durant leur transport du lieu de pêche vers le lieu de débarquement. C'est un point sur lequel doit être porté l'attention pour optimiser leur valorisation.

Les bancs de sargasses se situant entre 150 et 800 km au large de la Guyane française se trouvent ainsi dans des zones maritimes aux statuts différents :

- la zone économique exclusive (ZEE) s'étend jusqu'à environ 350 km des côtes, zone où l'État côtier possède des droits souverains à des fins d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles ;
- au-delà, ce sont les eaux internationales. La zone couverte par la petite mer des sargasses se situe principalement dans les eaux internationales. Si des prélèvements sont effectués sur cette zone, c'est le droit de la mer, celui issu de la Convention des Nations unies de Montego Bay de 1994, qui s'applique.

D'après les règles de droit en vigueur, la collecte des sargasses est assimilée à une activité de pêche. L'intérêt de les pêcher au large du plateau des Guyanes est de profiter des conditions de mer et de vent bien plus favorables à cette activité que dans l'arc antillais.

Des essais de collecte des sargasses ont été menés dans le but de mettre au point un dispositif performant et respectueux du biotope. Le dispositif de pêche adopté, basé sur un chalut flottant de surface, a été conçu de façon à collecter les sargasses qui se trouvent dans des bancs d'une épaisseur comprise entre 30 et 60 cm, voire 80 cm au maximum.

La quantité chalutée de sargasses durant 1 minute et 30 secondes dans un banc d'une épaisseur de 60 cm est d'environ 3 tonnes. Les caractéristiques du filet ont permis de prélever uniquement les sargasses se situant en surface, sans prélever les poissons présents sous les bancs.

Ces études et essais ont démontré la faisabilité de la collecte des sargasses présentes au large de la Guyane, avant qu'elles ne dérivent vers les côtes de l'arc caribéen ; des sargasses qui seront ensuite transportées pour une valorisation au bénéfice de l'économie guyanaise. Mais il faut inscrire cette activité dans une démarche vertueuse de protection environnementale et de transition énergétique décarbonée.

La décarbonation de la plateforme portuaire guyanaise

La place portuaire est un lieu de forte consommation énergétique pour la Guyane. La consommation électrique du port s'élève à elle seule à environ 2,1 MWh par an, couvrant notamment les besoins en éclairage des zones de manutention et l'alimentation des conteneurs frigorifiques en attente de chargement, à l'import comme à l'export. Cette consommation passera à 3,8 MWh par an après



Figure 1 : Positionnement et trajectoires suivies par les sargasses – Source : photo©GPM/CLS.



Figure 2 : Bancs de sargasses dérivant au large de la Guyane – Source : photo©GPM/NBC.

l'installation de grues électriques permettant le chargement et le déchargement des navires à des cadences plus élevées et supprimant l'utilisation des générateurs thermiques alimentant les grues à bord des navires. La mise en œuvre d'éclairages LED et l'optimisation des réseaux d'alimentation des bornes de branchement des conteneurs frigorifiques permettront à court terme des réductions de la consommation énergétique de l'ordre de 10 à 15 %, mais la consommation restera de plus de 3 MWh par an. Le bilan de puissance du GPM Guyane est estimé actuellement à 18 MWc.

À ces consommations s'ajoutent celles relatives aux engins à moteur thermique qui servent à déplacer les conteneurs sur les terre-pleins. Aujourd'hui, le parc est composé d'une trentaine d'engins lourds pour une puissance estimée à près de 5 500 kW. *In fine*, il convient également de prendre en compte les consommations des porte-conteneurs stationnant à quai (4 500 kWh pour les navires transatlantiques et 1 500 kWh pour les navires effectuant les rotations avec les Antilles) qui chaque semaine font escale à Dégrad des Cannes et qui, à terme, devront être connectés à un réseau décarboné pendant leur séjour.

À cela s'ajoutent les consommations des transports des marchandises soit par voie terrestre, soit par voie maritime. Les émissions annuelles liées à l'activité de desserte maritime de la Guyane sont estimées à environ 5 Mt de CO₂.

Au-delà de l'activité portuaire à proprement parler, d'autres industriels implantés sur la place portuaire affichent une consommation électrique importante, comme l'usine de ciment ARGOS dont la consommation annuelle en électricité est de l'ordre de 2 MWh.

Pour faire face à l'ensemble de ces besoins énergétiques, le GPM Guyane a prévu de réaliser une zone technique capable de répondre aux enjeux de production :

- d'une énergie d'origine renouvelable, sans émission de CO₂,
- et de biostimulants et de fertilisants pour répondre aux besoins de l'agriculture guyanaise, des productions locales appelées à se substituer aux produits transformés à partir d'hydrocarbures acheminés en Guyane par voie maritime et de manière non décarbonée.

Le processus globalement envisagé est le suivant.

Les sargasses pêchées en mer seront débarquées à partir d'un ouvrage d'accostage pour être transbordées directement sur le site de valorisation, où deux types de traitements sont envisagés :

- l'un vise à extraire des sargasses les molécules susceptibles d'intéresser l'industrie pharmaceutique ou cosmétique. L'Université de Bretagne Ouest mène des recherches sur ce sujet à partir des problématiques rencontrées aux Antilles ;
- l'autre type de traitement consiste à méthaniser les sargasses. Le résidu de cette méthanisation sera destiné à des amendements des terres agricoles. L'Université de Lorraine, associée à l'École nationale supérieure en agronomie et industries alimentaires (ENSAIA), développe un prototype de méthaniseur,

qu'il est prévu d'installer aux Antilles dès l'été 2023. Le pouvoir de méthanisation des sargasses devra être renforcé par des apports végétaux. Le méthane sera stocké dans des cuves en attente d'en extraire l'hydrogène. Ce processus nécessite que les sargasses aient perdu au préalable leur teneur initiale en arsenic et en sel après opérations successives de lessivage (par la pluie) et de séchage (par l'air et le soleil) lors du transport du lieu de pêche vers le lieu du traitement. Les tests ont montré que cela permettait de débarrasser les sargasses de l'arsenic et du sel.

Il est prévu d'extraire l'hydrogène du méthane grâce à une technologie plasma micro-onde (procédé développé par une *start-up* française, Sakowin), sans émission de CO₂. Le résidu carboné peut également être utilisé à des fins agricoles. Les deux processus de méthanisation et de production d'hydrogène à partir du méthane pourraient également être conduits simultanément grâce au développement d'une technologie plasma mettant en application les principes de la méthanation et s'accompagnant de la production de biochar utilisé à des fins agricoles. Cette technologie permettrait de s'affranchir de l'obstacle que constitue la présence d'arsenic et de sel dans les sargasses.

La production d'énergie verte est essentielle pour réaliser l'ensemble de ces activités en présentant un bilan carbone neutre. Il est prévu de produire cette énergie à partir de trois sources complémentaires se composant :

- d'une ferme photovoltaïque d'environ 6 ha de panneaux solaires, qui sera capable d'assurer une production de l'ordre de 5 MWh par an. Les panneaux solaires pourront progressivement être installés sur des bâtiments au fur et à mesure du développement des activités de logistique portuaire qui nécessitent de grandes surfaces de hangars couverts ;
- d'une installation de production d'électricité en jouant sur la différence de pression osmotique entre l'eau douce et l'eau salée (procédé développé par une *start-up* française, Sweetch Energy), pour une production équivalente à celle des panneaux photovoltaïques précités ;
- et trois méthaniseurs couplés à trois génératrices électriques de 1,5 MWc chacune.

Un complément de production pourrait être également recherché à travers la mise en œuvre de turbines utilisant l'énergie du courant du fleuve au fil de l'eau.

L'aménagement d'une parcelle d'environ 20 ha regroupant les activités ci-dessous sera opéré comme suit et devra permettre de répondre aux objectifs associés :

- Une parcelle de 5 ha sera dédiée à la production et au stockage d'énergie décarbonée et accueillera :
 - la centrale osmotique,
 - la centrale de production de l'hydrogène à partir du biométhane issu de la méthanisation de la biomasse,
 - un dispositif de stockage d'énergie à restitution rapide sous forme de batteries,
 - un autre dispositif de stockage d'énergie à restitution lente sous forme d'hydrogène,
 - une sous-station électrique pour gérer les appels de puissance et le stockage de l'énergie.

- Une parcelle de 2,25 ha, dédiée à la méthanisation de la biomasse marine et terrestre de Guyane, se composera ainsi :
 - un hangar de stockage de la sargasse fraîche sera situé à proximité du quai de transbordement,
 - un autre hangar permettra le séchage de la sargasse à partir de la chaleur dégagée par les méthaniseurs,
 - trois méthaniseurs capables de produire chacun 1,5 MWe,
 - et trois cuves de stockage du méthane.
- Une parcelle de 1,5 ha dédiée à la valorisation de la sargasse sèche en termes de :
 - production décarbonée d'engrais naturels (biochar ou compost),
 - production de protéines végétales,
 - production de biostimulants,
 - et production de cosmétiques.
- Une parcelle de 8 ha dédiée à la production d'énergie décarbonée et à la logistique, comprenant :
 - une ferme photovoltaïque composée de deux champs de panneaux recouvrant une surface totale d'environ 6 ha,
 - et une zone logistique capable d'accueillir des entrepôts de 2 000 m² et 4 000 m² en première phase.

Ce projet ambitieux et novateur sera à terme un formidable levier à la fois pour accroître les efforts de la Guyane en matière de transition énergétique et écologique et pour développer une agriculture guyanaise vertueuse en termes d'intrants.

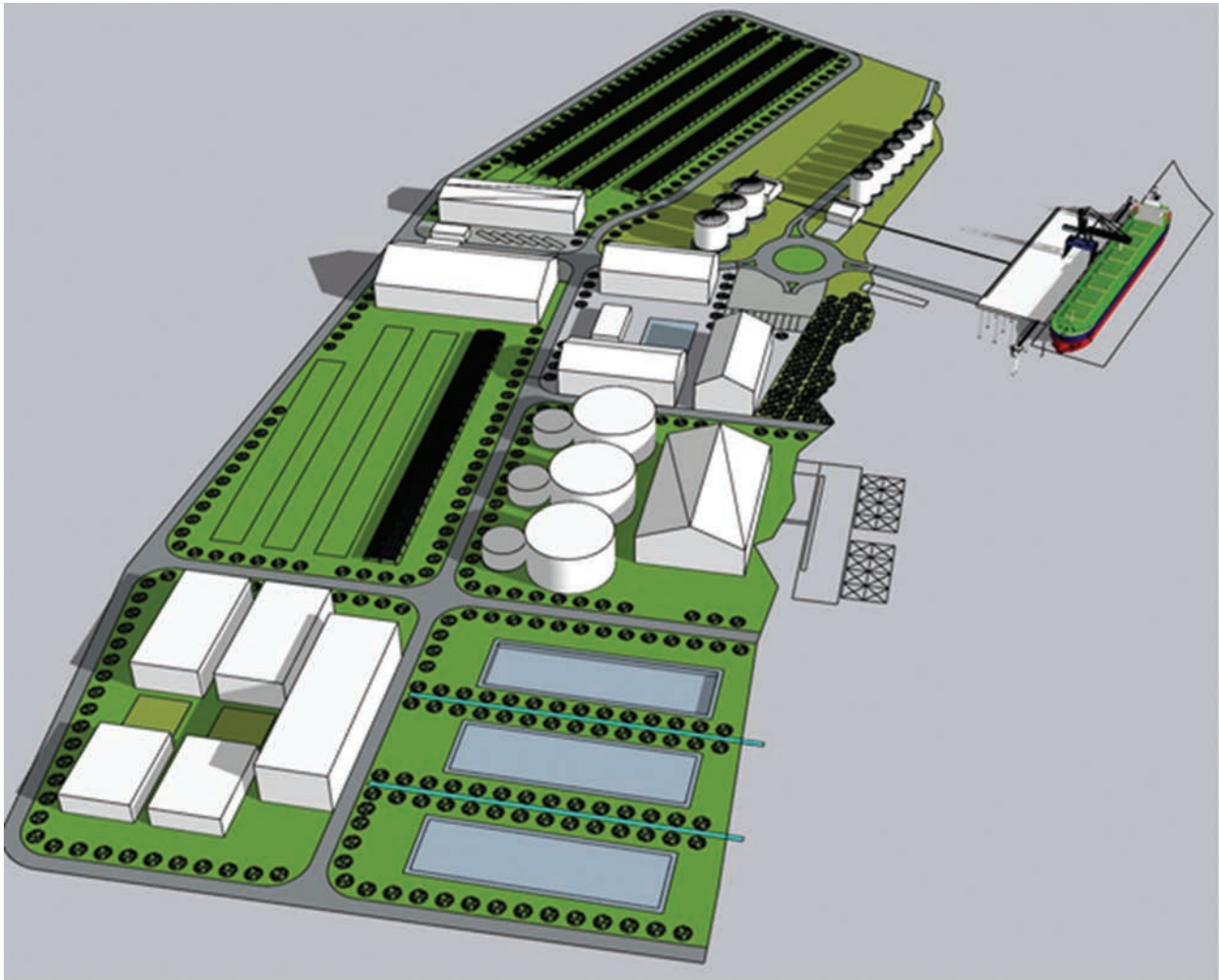


Figure 3 : Projet de zone de production d'engrais et d'énergie à Dégrad des Cannes – Source : GPM Guyane.

Le spatial en Guyane face aux enjeux de la transition énergétique

Par Philippe BAPTISTE,

Président Directeur Général du CNES

Jean-Marc ASTORG,

Directeur de la Stratégie du CNES

Marie-Anne CLAIR,

Directrice du Centre Spatial Guyanais du CNES

Laurence MONNOYER-SMITH

Directrice du Développement Durable du CNES

Et Pascal NOIR

Responsable Chef de projet R&T Système Lanceur et Environnement

Le Centre spatial guyanais (CSG) situé à Kourou en Guyane française est au cœur de l'aventure spatiale française et européenne depuis son origine dans les années 1970. C'est depuis le CSG que sont lancées les fusées Ariane depuis 1979, mais aussi le petit lanceur Vega depuis 2012. Ariane 6, dernier lanceur né de la filière, va prochainement remplacer Ariane 5, qui a permis à Arianespace d'être *leader* mondial sur le marché des services de lancement pendant plus de vingt ans. Dans un contexte de concurrence acharnée face à SpaceX, le CSG entame une phase de modernisation profonde, pour à la fois réduire les coûts de lancement et réaliser sa transition énergétique. Le présent article rappelle les grandes étapes du développement du CSG et des lanceurs européens, présente les enjeux de la transition énergétique du site, puis décrit quelques projets concrets actuellement en phase de réalisation (nouvelle boucle de distribution électrique, centrales photovoltaïques, centrales biomasse et unité de production d'hydrogène vert).

Introduction

Le Centre spatial guyanais (CSG), situé à Kourou en Guyane française, constitue l'un des atouts majeurs de l'Europe spatiale, dans un secteur actuellement en plein bouleversement sous la pression de changements rapides et d'une concurrence féroce. En effet, c'est au CSG que sont lancées depuis 1979 les fusées Ariane, et les atouts spécifiques de cette base de lancement ont grandement contribué au succès technique et commercial de la filière Ariane : situation géographique idéale sur l'équateur, façade maritime ouverte sur l'océan Atlantique, absence de phénomènes météorologiques et sismiques extrêmes, permettent de faire des lancements vers toutes les orbites dans des conditions de performance et de sécurité maximales. Le CSG est aussi une base de lancement parfaitement opérationnelle, dotée de moyens performants et d'équipes compétentes qui ont su réaliser 260 lancements de la fusée Ariane, 22 lancements de Vega, mais aussi 27 lancements de la fusée russe Soyouz.

Mais le CSG est aujourd'hui, comme le secteur spatial européen, confronté à de nombreux défis :

- économique tout d'abord, pour contribuer, avec l'arrivée d'Ariane 6, à la nécessaire réduction des coûts de lancement dans un marché de plus en plus dominé par SpaceX ;

- celui de la multiplication des nouveaux acteurs dans le secteur spatial, dont certains projettent de créer leur propre base de lancement en Europe continentale ;
- et enfin celui de la transition énergétique, qui s'impose à des activités de préparation des lancements qui sont par nature énergivores.

Le CNES (Centre national d'études spatiales), responsable de la base de lancement, mais aussi ses deux partenaires, l'ESA (European Space Agency) et la société Arianespace, sont pleinement mobilisés pour relever ces défis, et faire entrer le CSG dans une nouvelle phase de son histoire.

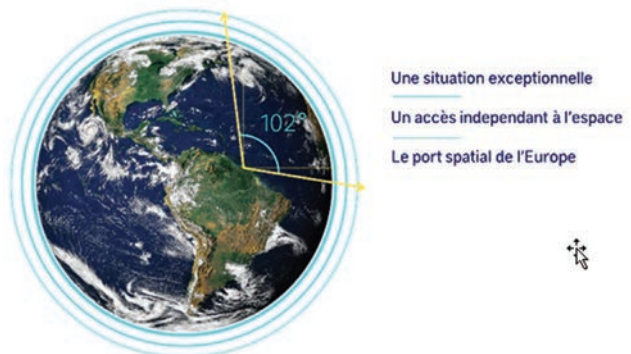


Figure 1 : Situation géographique du Centre spatial guyanais (CSG)

Une brève histoire du spatial en Guyane

En 1961, le général de Gaulle crée le CNES, et lui confie la mission de développer un lanceur et un satellite français. C'est chose faite en 1965 avec le lancement du satellite Astérix par la fusée Diamant, depuis la base d'Hammaguir dans le Sahara algérien. En 1964 est prise la décision d'implanter une base de lancement en Guyane. Le choix s'est porté sur la région de Kourou en Guyane, qui dispose d'atouts uniques pour mener des opérations de lancement en raison de sa proximité avec l'équateur, favorable pour les lancements vers l'Est des satellites géostationnaires, d'une vaste zone de savanes peu habitées, de conditions météorologiques favorables et d'une façade maritime largement ouverte sur l'océan Atlantique, qui permet de réaliser des lancements sur toutes les inclinaisons et en toute sécurité. Le premier lancement d'une fusée sonde Véronique a lieu dès 1968, et le premier lancement orbital en 1970 avec le lanceur français Diamant. Les bases d'un accès européen à l'espace étaient posées sous l'impulsion décisive de la France.

Le CNES s'est vu confier la construction de l'ensemble du Centre spatial guyanais ainsi que des principales infrastructures nécessaires au soutien de l'activité spatiale (logements, réseaux, installations portuaires, hôpital...), transformant ainsi le bourg de Kourou en une ville de plusieurs milliers d'habitants. Le CSG s'étend sur près de 700 km², soit 1 % de la superficie de la Guyane, et 40 km de bande côtière. À titre d'illustration, cette surface est l'équivalent des deux-tiers de la Martinique, sept fois Paris ou la superficie de Singapour.

Après l'échec du programme européen Europa, conduit sans maîtrise d'œuvre, la France, sur étude du CNES, propose le développement d'un nouveau lanceur européen, d'abord baptisé L3S (lanceur de substitution de troisième génération) puis Ariane, avec une organisation complètement différente : la maîtrise

d'ouvrage est assurée par l'ESA, nouvelle organisation européenne créée sur les ruines de l'ELSO et de l'ESRO (satellites), mais l'ESA en délègue immédiatement la réalisation au CNES.

Le premier lancement d'Ariane 1 a lieu le 24 décembre 1979 depuis le CSG dans le respect du calendrier, des coûts et des performances, et c'est un succès... assez inattendu ! Dans la foulée, le CNES crée Arianespace en avril 1980, première société privée de service spatial, car le lanceur Ariane est parfaitement adapté pour le marché commercial des satellites de télécom qui se multiplient alors que la navette américaine est un retentissant échec commercial (trop chère et incapable de lancer vers l'orbite géostationnaire). Les versions d'Ariane se succèdent au fur et à mesure de la croissance des masses de satellites, essentiellement des satellites de télécommunication en orbite géostationnaire, qui représentent jusqu'aux années 2015 environ 60 % du marché commercial.

Dès les années 1970, la dimension européenne du CSG s'est naturellement imposée. Par un accord intergouvernemental, établi en 1975 et depuis lors renouvelé et complété, la France met le CSG à disposition de l'Agence spatiale européenne (ESA). Tous les systèmes de lancement développés par l'ESA sont opérés depuis le CSG, devenu le port spatial de l'Europe, élément clé de l'autonomie européenne d'accès à l'espace. Arianespace commercialise, dans le cadre d'un arrangement qui la lie à l'ESA, les services de lancement auprès des clients satellites, exploite les ensembles de lancement et met en œuvre les lanceurs au CSG.

L'ESA finance les deux tiers des coûts fixes des infrastructures de la base (fonctionnement, maintenance et renouvellement de ses systèmes), le CNES finançant le tiers restant. Si on considère sa part à travers le CNES et celle à travers l'ESA, la France finance 55 % des coûts fixes de la base de lancement. L'ESA finance en sus la construction des pas de tir des lanceurs européens alors qu'Arianespace finance leur

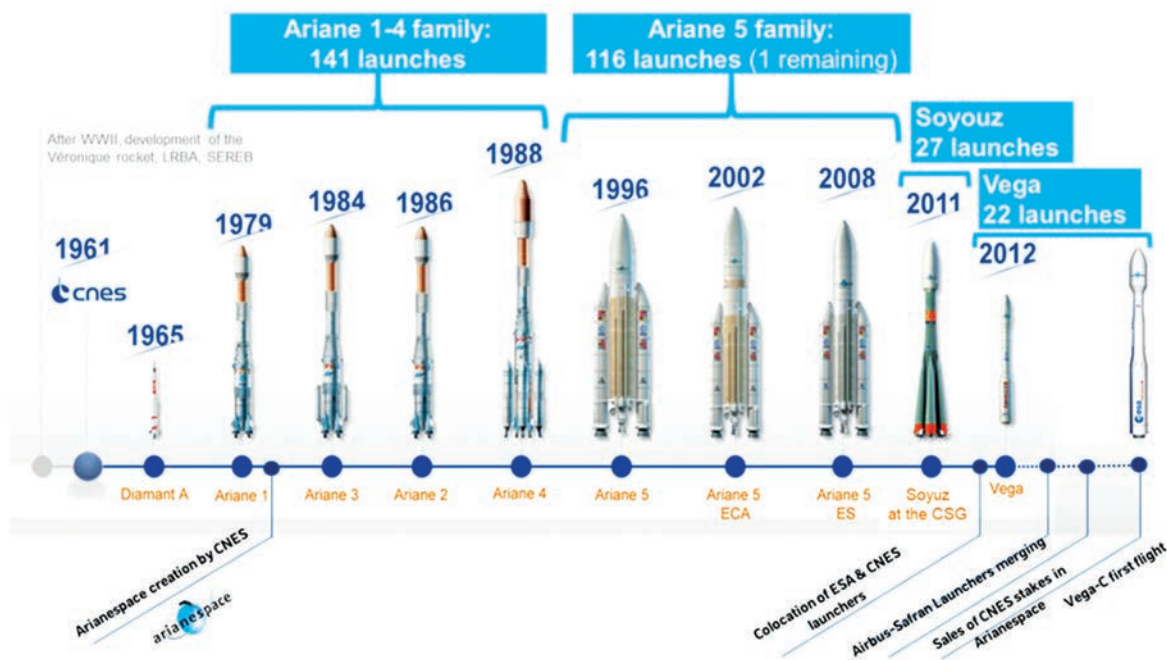


Figure 2 : Historique des lanceurs européens.

exploitation et les coûts variables associés aux lancements. La France finance également les dépenses associées à l'environnement socio-économique, à la sécurité extérieure et aux infrastructures de base du territoire guyanais.

En 1997, il est décidé de compléter Ariane par un lanceur plus petit et mieux adapté aux missions vers les orbites basse, Vega, qui fera son premier lancement en 2012. En 2003, à la suite d'un accord franco-russe, il est aussi décidé de compléter Ariane par le lanceur moyen Soyouz, qui sera opéré depuis le CSG jusqu'au déclenchement de la guerre en Ukraine en 2022.

Depuis 1996, c'est le lanceur Ariane 5 qui est opéré depuis le CSG. À l'heure où ces lignes seront publiées, Ariane 5 aura tiré sa révérence en juin 2023 lors du 261^e lancement Ariane toutes versions confondues. Ce lanceur mythique aura permis à l'Europe d'être numéro 1 mondial sur le marché commercial pendant plus de vingt ans, mais aussi de réaliser des missions de lancement scientifique exceptionnelles, comme celle du lancement du télescope JWST en décembre 2021 ou de la sonde Juice vers Jupiter en avril 2023.

En 2014, il est décidé de développer un nouveau lanceur lourd européen, Ariane 6, et la maîtrise d'œuvre en est confiée pour la première fois à l'industrie.

La base spatiale emploie à ce jour 1 600 salariés répartis dans plus de 40 entreprises européennes provenant d'une dizaine d'États membres de l'ESA.



Figure 3 : Vue générale du Centre spatial guyanais.

Le CSG se prépare à l'arrivée d'Ariane 6

Dans un contexte de concurrence exacerbée, le lanceur Ariane 6 a été conçu pour réduire les coûts de lancement de 40 % par rapport à Ariane 5, apporter une modularité grâce à ses deux versions 62 et 64, et plus de flexibilité grâce au rallumage de son étage supérieur.

Les deux étages centraux de Ariane 6 sont intégrés en France et en Allemagne, puis transportés par bateau avec assistance éolienne vers la Guyane. Les propulseurs d'appoint, utilisant la propulsion solide, sont intégrés en Guyane. En particulier, la constitution du moteur à propulsion solide de ces propulseurs, procédé complexe qui nécessite de réaliser des opérations de coulée et de cuisson dans des conditions très précises, est réalisée sur place dans une usine dédiée construite pour Ariane 5.



Figure 4 : Présentation de Ariane 6.

Un ensemble de lancement spécifique a été construit au CSG pour Ariane 6. Il a été élaboré pour à la fois réduire les coûts de lancement par une automatisation poussée des opérations et une réduction du nombre de bâtiments, et pour réduire l'empreinte énergétique et environnementale des lancements. Ainsi, l'immense portique mobile qui permet de préparer Ariane 6 sur la zone de lancement n'est pas climatisé au contraire des bâtiments pour Ariane 5. De même, les eaux issues du système de refroidissement de la table et de réduction du niveau acoustique seront récupérées et recyclées.



Figure 5 : Nouvel ensemble de lancement Ariane 6 au CSG.

L'enjeu de la transition énergétique au CSG

Bien que 72 % de l'électricité en Guyane soit d'origine renouvelable, le bilan carbone de cette région d'outre-mer ne reflète pas son mix énergétique, et de loin. En effet, la production hydraulique fournie par le barrage EDF de Petit-Saut représente environ 60 % de la production d'électricité de la Guyane, et cette production génère un important dégagement de méthane par le tissu végétal noyé depuis la création de la retenue d'eau en 1994⁽¹⁾. En effet, plus de 300 km² de forêt tropicale ont été inondés à cette occasion, et l'ADEME (l'Agence de la transition écologique) estime qu'en 2030, environ 30 000 ktCO₂e (kilotonnes de CO₂ équivalent) auront été émis par le barrage, un reliquat de plus de 8 millions de tonnes restant à émettre entre 2023 et 2100⁽²⁾.

Cette particularité guyanaise explique largement la répartition des émissions de gaz à effet de serre (GES) au sein des établissements du CNES. En consommant 15 % de l'électricité guyanaise, le Centre spatial guyanais est ainsi responsable de 64 % des émissions de GES du CNES, le reste des établissements pouvant disposer sur le sol métropolitain d'une électricité largement décarbonnée, et ce d'autant plus que le centre spatial technique de Toulouse bénéficie depuis peu du réseau de chaleur urbain. De même, le bilan carbone réalisé par le CNES en 2020 (chiffres 2019)⁽³⁾ montre qu'un salarié du CSG émet en moyenne par an près de 150 tCO₂e.

En tant qu'entreprise publique, le CNES souhaite prendre toute sa part dans les objectifs de neutralité carbone définis par la France et l'Union européenne au sein de la Stratégie nationale bas-carbone et du paquet "Fit for 55". Il a donc traduit dans sa propre stratégie bas carbone une trajectoire de réduction d'émission de gaz à effet de serres, visant une contribution à la neutralité carbone dès 2045, la réduction de 50 % de nos émissions sur les *scopes 1 et 2* et de 33 % sur le *scope 3* d'ici 2030, et la transition vers les énergies renouvelables à hauteur de 60 % de sa consommation électrique.

La forte empreinte carbone du CSG a donc conduit le CNES à s'engager dans un grand programme d'investissement dont l'objectif est de faire du port spatial la première infrastructure de lancement bas carbone du monde, autour de trois grands principes :

- la décarbonation de notre consommation énergétique ;
- la décarbonation de la production des carburants pour lanceurs ;
- la contribution au développement économique d'un écosystème décarboné en Guyane.

La transition écologique du CSG doit ainsi se traduire non seulement par une diminution de l'empreinte carbone de l'activité spatiale de Guyane, mais également par le développement d'externalités positives pour l'ensemble des acteurs de la base, des industriels bénéficiant de l'infrastructure de lancement et du territoire. Au-delà de la création d'usines de production énergétique, le CNES ambitionne d'accompagner le territoire vers son autonomie énergétique, et de contribuer à l'émergence de filières nouvelles, comme la production d'hydrogène vert par exemple. Par les partenariats que cette stratégie met en place, c'est une ambition écosystémique pour le territoire, avec de nouvelles formations, des partenariats universitaires, et de nouveaux débouchés, comme la mobilité décarbonnée, qui peuvent être dès lors envisagés.

(1) Voir l'étude de l'OFB C-tropic : <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/466>

(2) Voir <https://guyane.ademe.fr/sites/default/files/note-emissions-ges-barrage-petit-saut.pdf>

(3) Le bilan est consultable en ligne : <https://cnes.fr/fr/web/CNES-fr/10647-bilan-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-du-cnes.php>

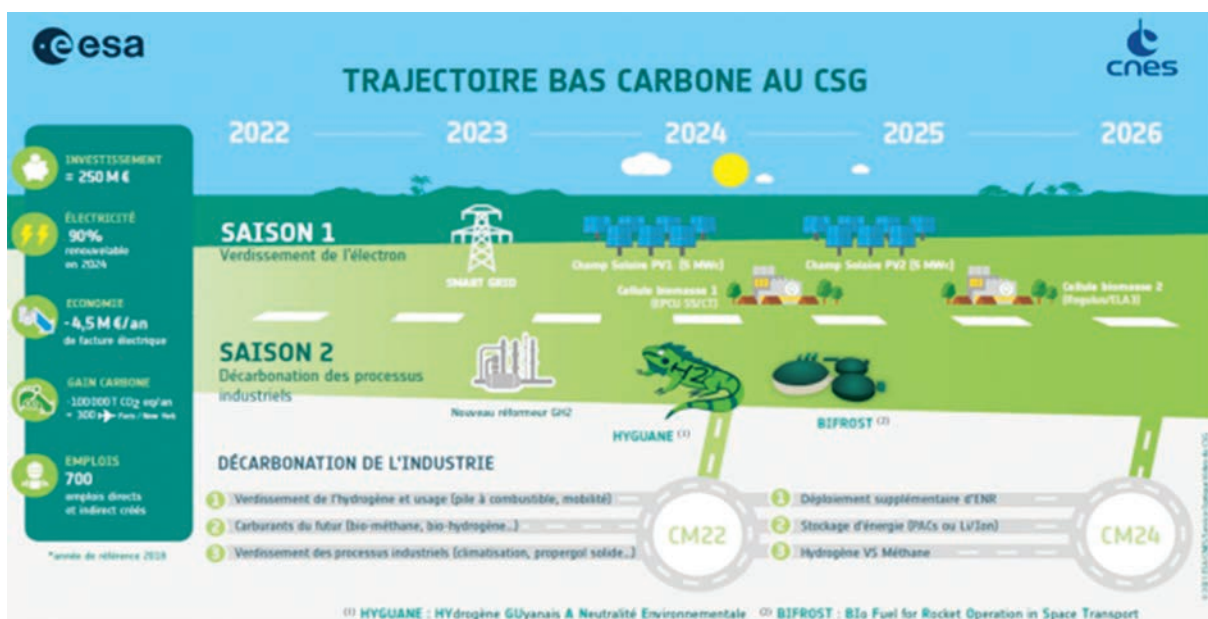


Figure 6 : Feuille de route bas décarbonation du CSG.

Quelques projets concrets de transition énergétique conduits actuellement au CSG

Outre la mise en œuvre de travaux très importants de rénovation des bâtiments⁽⁴⁾, le « verdissement » du port spatial se décline en de nombreux projets visant à la diversification du mix énergétique, à la création d'infrastructures de gestion électrique intelligentes, ou encore de production de carburants verts à destination des lanceurs.

La boucle 20 kV

Le réseau de distribution électrique du CSG est basé sur une architecture qui est peu adaptée aux raccordements de production d'énergies renouvelables (ENR). C'est pourquoi le CNES réalise des travaux nécessaires à la mise en œuvre d'une nouvelle architecture dite en boucle, permettant de raccorder et de consommer toute l'énergie électrique produite par ces futures productions électriques ENR. De surcroît, ce nouveau réseau électrique sera intelligent ("smart grid") et communicant : il améliorera la fiabilité des industriels et des opérations de lancement de la base spatiale grâce à sa capacité d'auto-cicatrisation en cas de défaut, et permettra une exploitation et un pilotage depuis un système de supervision dédié. Ce nouveau réseau aura la capacité de distribuer une puissance électrique égale à 20 MW avec une longueur de câble haute tension et de fibre optique de 35 km, acceptant une capacité de croissance dans l'avenir par rapport aux stricts besoins identifiés dans les projets ci-dessous. La mise en service de la boucle est prévue à partir du deuxième semestre de l'année 2024.

⁽⁴⁾ Il s'agit du projet CSG « nouvelle génération ».

Les centrales solaires PV1 et PV2

Il s'agit de deux champs solaires de 4 MWC chacun, sur 10 hectares dans l'enceinte du CSG. L'occupation de surface au sol générée par les panneaux a fait l'objet d'une compensation écologique par cession de 16 ha de la savane des pères au conservatoire du littoral. L'électricité produite par ces champs solaires sera distribuée sur la boucle 20 kV en cours de création, qui à la fois desservira et alimentera l'ensemble des installations de la base en énergie électrique. Il est prévu de raccorder les champs solaires en 2024, chacun sur une demi-boucle.

Les centrales biomasse Kourou (CBK)

Il est prévu la réalisation de deux centrales de cogénération biomasse sur le Centre spatial guyanais : ces centrales permettront, d'une part, de produire de l'électricité renouvelable qui sera injectée sur la boucle 20 kV (le gaz de synthèse produit par la gazéification permet de faire tourner un alternateur), et, d'autre part, de fournir en froid plusieurs sites industriels pour leur climatisation. Chaque centrale a une puissance thermique inférieure à 20 MWth et une puissance électrique de 4,7 MW. Compte tenu de la récupération de chaleur, le rendement de production du froid est au moins doublé, ce qui permet au CNES d'effacer une partie de la consommation électrique nécessaire à la climatisation. L'approvisionnement en biomasse constitue une préoccupation de premier ordre dans un territoire protégé pour la qualité de sa biodiversité. Aussi, le CNES tient à ce que cette biomasse soit prioritairement issue de la défriche agricole et forestière, ou de projets d'agroforesterie. Les centrales devraient être mises en service en 2025 pour la première, deux ans plus tard pour la seconde, une fois l'approvisionnement en biomasse sécurisé.

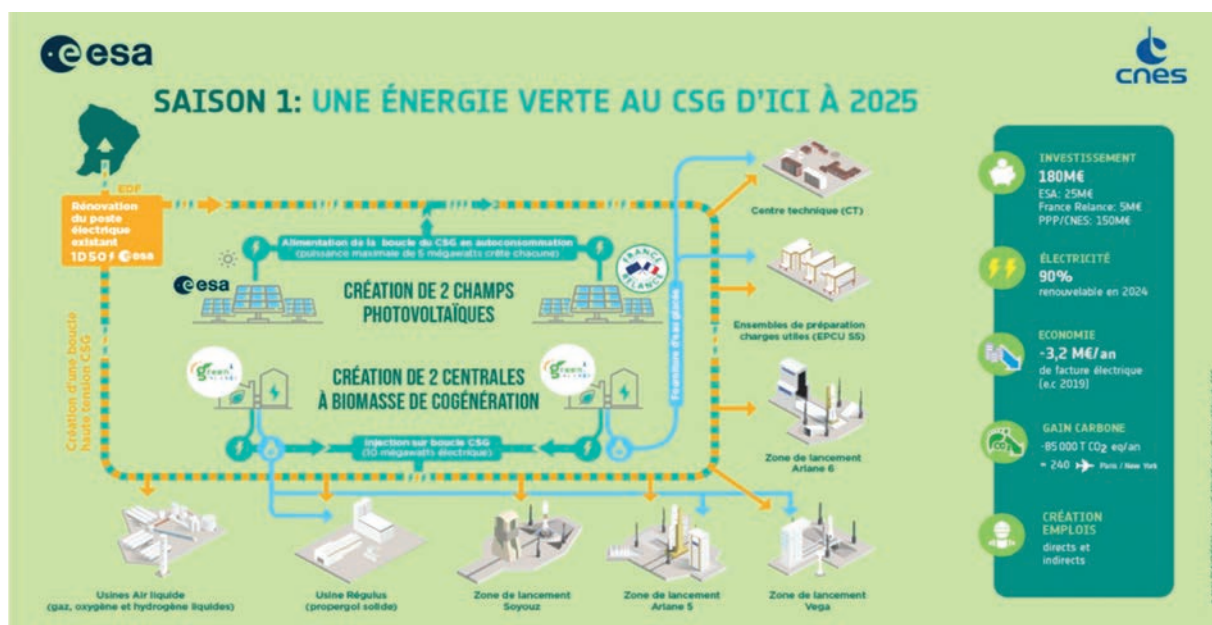


Figure 7 : Projets énergie verte au CSG.

Le projet HYGUANE

Le projet HYGUANE (HYdrogène GUyanais A Neutralité Environnementale) a vocation à verdir une partie des ergols de Ariane 6, et à créer un nouvel écosystème hydrogène profitant au CSG mais aussi à l'ensemble du territoire. Il s'articule autour d'une unité pilote de production d'hydrogène adossée à un champ photovoltaïque d'une capacité de 5 MWc. Cet électrolyseur de 1,25 MWe, installé et exploité par Air Liquide Spatial Guyane, bénéficiera des systèmes aval existants de liquéfaction de l'usine actuelle, ce qui permettra de disposer d'hydrogène liquide vert sans avoir à investir dans la partie froide.

Une partie de cet hydrogène gazeux viendra alimenter, au sein de la base, sur le site ELM (Ensemble de lancement multi-lanceurs, ex-site du lanceur Diamant), une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène, développée avec l'Université de Liège et la société Be.Blue. À terme, l'objectif est de remplacer, au CSG et ailleurs, les batteries et groupes électrogènes fonctionnant aux énergies fossiles.

En aval est prévue l'ouverture sur le site de la SARA à Kourou de la première station-service à hydrogène guyanaise. Elle pourra distribuer chaque année plusieurs dizaines de tonnes de carburant et servira de catalyseur à la naissance de la filière H₂ mobilité propre du territoire. C'est la société allemande MT Aerospace qui couvrira la qualification en environnement tropical des trois premiers véhicules propulsés à l'hydrogène qui circuleront en Guyane : un car, un bus et un tracteur. MTA sera également en charge de la création d'un centre de compétences visant à assurer la maintenance de ces nouveaux équipements, en développant des activités de formation et R&D sur l'ensemble des métiers de la filière H₂. Les Universités de la Guyane, de Liège et de Bruxelles coopéreront dans ce cadre, afin d'assurer les travaux de recherche pour la qualification des piles à combustible en zones tropicales et la formation des étudiants de la filière.

D'autres projets non évoqués ici sont encore en phase d'études préliminaires : on pourra ainsi mentionner le projet BIFROST, qui vise à produire du méthane vert pour les besoins des futurs lanceurs sur le site ELM (ex-site Diamant) rénové à partir de bio-déchets sélectionnés, ou encore les projets photovoltaïques sur les îles du Salut dont le CNES est propriétaire.

Toutes ces initiatives se heurtent néanmoins à de multiples difficultés inhérentes au développement des ENR en territoire protégé soumis à de nombreuses contraintes environnementales, sociales et géographiques. La conviction du CNES reste que seule une transition énergétique s'appuyant sur toutes les ressources potentielles au bénéfice de l'ensemble des acteurs du territoire disposera d'une légitimité suffisante pour *in fine* être mise en œuvre.

Perspectives futures

Avec l'arrivée de deux nouveaux lanceurs compétitifs et complémentaires, Ariane 6 et Vega-C, et avec les actions de modernisation, digitalisation et de transition énergétique en cours de réalisation, le CSG entre dans une nouvelle ère de son histoire. Mais les étapes suivantes sont déjà en cours de préparation : il s'agit essentiellement de préparer l'arrivée des lanceurs réutilisables qui succéderont à Ariane 6 à horizon *post-2030*. Pour ce faire, le CNES développe avec ses partenaires allemands et japonais un démonstrateur de premier étage réutilisable, qui sera testé au CSG en 2025. La réutilisation partielle ou totale des lanceurs, conjuguée à l'utilisation de carburants liquide biosourcés, permettra d'améliorer considérablement l'impact environnemental des lanceurs.

Il est vrai que l'Europe a pris du retard dans le développement des lanceurs réutilisables, mais l'ambition européenne est de concevoir le successeur de Ariane 6 avec un objectif d'impact environnemental minimum,



Figure 8 : Le projet HYGUANE.

et donc de se démarquer de la concurrence par une écoconception exemplaire, appliquée à tous les niveaux (utilisation des matériaux, cycles de production et de maintenance, absence de débris orbitaux).

Par ailleurs, le CSG se prépare à accueillir, sur le site rénové ELM, des mini-lanceurs européens qui viendront compléter les services de lancement de Ariane 6 et de Vega-C, et qui sont développés non plus par l'ESA mais par des sociétés privées. Ce faisant, le CSG évolue sur la base d'un modèle d'aéroport où opèrent plusieurs compagnies de transport spatial.

Dans ce modèle, il revient au CNES, en tant que responsable de la base de lancement pour le compte de l'État français, de réguler l'ensemble des opérations, avec la prise en compte au plus haut niveau des exigences de sécurité et de protection de l'environnement, qui caractérisent l'activité spatiale en Guyane depuis son origine.

L'innovation et l'accélération des *start-up* dans les outre-mer, véritable levier de développement économique et social

Par ZEBOX Caraïbes

En dépit d'obstacles spécifiques, le développement de l'écosystème *start-up* dans les outre-mer apparaît dynamique et prometteur, si bien qu'il est permis d'y voir un véritable levier de création de richesses pour ces territoires. Dans la continuité des actions menées par les pouvoirs publics et le monde associatif, les grands groupes ont un rôle à jouer pour accompagner les entrepreneurs locaux dans leurs projets, et participer à la structuration d'un environnement favorable à l'innovation. ZEBOX, le réseau international d'incubateurs de *start-up* du Groupe CMA CGM, un acteur mondial des solutions de transport et de la logistique, comprend depuis 2022 des locaux en Guadeloupe, accueillant actuellement une dizaine de *start-up* dans divers domaines stratégiques. Dans une démarche complémentaire, le Phare, incubateur social de la Fondation CMA CGM, a également étendu son action aux Antilles.

Présentation de ZEBOX Caraïbes

Dirigé par Rodolphe Saadé, le Groupe CMA CGM, un acteur mondial des solutions maritimes, terrestres, aériennes et logistiques, dessert plus de 420 ports dans le monde sur cinq continents, fort d'une flotte d'environ 600 navires. Avec sa filiale CEVA Logistics, acteur mondial de la logistique, et sa division de fret aérien CMA CGM Air Cargo, le Groupe CMA CGM innove constamment pour proposer à ses clients une offre complète et toujours plus performante. Engagé dans la transition énergétique du transport maritime, et pionnier dans l'utilisation de carburants alternatifs, le Groupe CMA CGM s'est fixé un objectif de Net Zéro Carbone d'ici 2050. Présent dans 160 pays via son réseau de plus de 400 bureaux et 750 entrepôts, le Groupe emploie 155 000 personnes dans le monde, dont près de 4 000 à Marseille où est situé son siège.

ZEBOX Caraïbes, *hub* caribéen de ZEBOX, réseau d'incubateurs de *start-up* du Groupe CMA CGM fondé en 2018 par Rodolphe Saadé, accompagne les porteurs de projets locaux pour les aider à explorer ce marché au grand potentiel et à s'étendre au-delà. ZEBOX Caraïbes propose aux entrepreneurs de toute la région un programme d'accompagnement dispensé pendant une durée de douze à dix-huit mois. Ce programme s'adresse aux entrepreneurs développant un projet porteur d'innovations technologiques dans les domaines de la *supply chain*, de la logistique, des mobilités ou de l'industrie 4.0. Depuis le lancement de ZEBOX Caraïbes, plus d'une quinzaine de *start-up* ont été accompagnées dans les Antilles-Guyane et sur la Caraïbe. Le Hub est piloté depuis son lancement en 2020 par Fatoumata Issa Alzouma, en charge de son déploiement et de son développement. Le Phare, l'incubateur social de la Fondation CMA CGM, a lancé son programme aux Antilles en 2022, et les projets accompagnés sont également hébergés au sein de ZEBOX Caraïbes.

La croissance entrepreneuriale dans les DROM-COM démontre la capacité des entrepreneurs ultramarins à porter des projets innovants. Cela constitue un levier de développement économique et social pour ces territoires, et de projection dans des carrefours économiques stratégiques tels que la Caraïbe, l'océan Indien et l'océan Pacifique.

Ce mouvement d'innovation en outre-mer nécessite l'engagement de l'ensemble de l'écosystème public et économique, des grands groupes aux PME, afin d'apporter tout le savoir-faire et les réseaux commerciaux et financiers accélérant la croissance de ces entreprises.

Dans cette optique, de nombreuses initiatives ont été lancées pour soutenir l'innovation et les *start-up* dans les territoires d'outre-mer, notamment ZEBOX, un réseau international d'incubateurs, accélérateurs et *hubs* d'innovation initié en 2018 par Rodolphe Saadé, Président-Directeur Général du groupe CMA CGM, un acteur mondial des solutions de transport maritime, terrestre et aérien et de la logistique.

Inauguré à Baie-Mahault en Guadeloupe en 2022, ZEBOX Caraïbes accompagne ainsi les porteurs de projets du bassin régional dans le développement de leurs *start-up* spécialisées dans les domaines de la logistique, des mobilités ou de l'industrie 4.0, avec une dimension tech et durable. L'accélérateur accueille également le *hub* antillais d'un incubateur social, Le Phare, porté par la Fondation CMA CGM, accompagnant des *start-up* qui développent des solutions, notamment digitales, pour agir face au décrochage scolaire et pour l'insertion professionnelle des publics fragiles.

L'entrepreneuriat ultramarin

Un développement croissant, mais entravé par des difficultés spécifiques

L'entrepreneuriat dans les outre-mer se développe à un rythme croissant, avec un taux de création d'entreprises plus élevé dans les outre-mer que dans l'Hexagone en 2022 (7,8 % contre - 6,2 %).

L'émergence de *start-up* dans les outre-mer fait toutefois face à des difficultés spécifiques, différentes d'un territoire à un autre. outre la distance géographique vis-à-vis de l'Hexagone qui éloigne les *start-up* d'un écosystème de financement, de partenaires ou de fournisseurs, la taille parfois limitée du marché local rend plus difficile l'industrialisation des *start-up* et la réalisation d'économies d'échelle. Les dynamiques démographiques sont également très contrastées entre les différents territoires, avec une croissance démographique en Guyane ou à La Réunion par exemple, mais une population déclinante aux Antilles.

Une mobilisation des pouvoirs publics et du secteur associatif à amplifier

Pour aider l'écosystème *start-up* à se développer dans les territoires d'outre-mer, des actions sont menées par les pouvoirs publics et le secteur associatif. Dans le cadre de France 2030, l'État a réuni acteurs économiques, publics et académiques pour lancer un « Plan innovation outre-mer », s'inscrivant dans la continuité de la feuille de route Trajectoire outre-mer 5.0. Le dispositif prend la forme d'un appel à projets piloté par le secrétariat général pour l'investissement, et organisé par la Banque des Territoires pour susciter et développer des solutions innovantes d'un point de vue économique, social et environnemental, dans l'ensemble des territoires ultramarins.

Pour accompagner les entrepreneurs ultramarins dans leurs projets, l'État a également cherché à créer des conditions favorables au développement de nouvelles entreprises. Les entrepreneurs créant une nouvelle entreprise ou reprenant une entreprise existante dans un territoire d'outre-mer peuvent ainsi, sous certaines conditions, bénéficier d'une exonération de cotisations sociales pendant vingt-quatre mois, d'une aide financière d'un maximum de 7 320 euros, cumulable avec les aides financières nationales, et d'une aide à l'embauche. Jusqu'au 31 décembre 2019, la création d'entreprise dans un territoire d'outre-mer pouvait même donner lieu à une exonération partielle ou totale de l'impôt sur les bénéfices, de la contribution économique territoriale et de la taxe foncière sur les propriétés bâties.

En complément de l'action de l'État, le secteur associatif est mobilisé pour encourager le développement d'entreprises innovantes dans les territoires ultramarins. L'association outre-mer Network a ainsi été à l'initiative du concours « Innovation outre-mer », organisé à Paris dans les locaux de Station F avec l'appui de Bpifrance et du fonds d'investissement IDInvest. L'État peut d'ailleurs intervenir en soutien du milieu associatif : en 2019, une subvention d'1,8 million d'euros avait été accordée à l'Adie, qui accompagne les entrepreneurs dans la création de leur projet, en vue de développer le microcrédit dans les territoires ultramarins.

Si l'entrepreneuriat dans les outre-mer est donc en pleine croissance, il reste encore des progrès à réaliser pour atteindre des niveaux comparables à l'Hexagone. Les mesures prises par les pouvoirs publics et la mobilisation du secteur associatif pour soutenir l'entrepreneuriat dans ces régions sont encourageantes et prouvent que le sujet est considéré comme un objectif sérieux par les acteurs institutionnels, mais il est important de continuer à investir pour stimuler l'innovation, créer des emplois et contribuer au développement économique et social des outre-mer. À ce titre, le rôle des acteurs privés, et en particulier des grandes entreprises, est déterminant.

ZEBOX Caraïbes, accélérateur de la croissance entrepreneuriale ultramarine

ZEBOX, un incubateur créé par le Groupe CMA CGM pour faire travailler ensemble *start-up* et grands groupes

ZEBOX est un réseau international d'incubateurs initié à Marseille en 2018 par Rodolphe Saadé, Président-Directeur Général du Groupe CMA CGM. L'ambition de ZEBOX est de devenir la référence internationale sur le développement d'innovations durables dans le domaine de la *supply chain*, et plus largement dans toutes les industries innovantes.

Comprenant désormais 17 partenaires et plus de 130 *start-up*, la communauté ZEBOX a contribué à lever plus de 235 millions de dollars de financement, et a initié plus de 100 processus de co-innovation entre *start-up* et partenaires *corporate*.

Les *start-up* accompagnées par ZEBOX bénéficient d'un programme sur mesure ainsi que de l'appui d'un cercle international de partenaires de premier plan, composé de 17 grands groupes, *leaders* dans leurs domaines, d'investisseurs, de partenaires académiques et d'experts, réunis autour du Groupe CMA CGM.

ZEBOX Caraïbes, l'expertise de ZEBOX au service de l'économie des territoires ultramarins des Antilles

ZEBOX Caraïbes, inauguré en 2022 en Guadeloupe, accompagne les porteurs de projets locaux, afin de les aider à conquérir ce marché aux potentialités remarquables et à s'étendre au-delà. Capitalisant sur un écosystème dynamique dans les Antilles-Guyane, l'ambition de ZEBOX est d'offrir aux entrepreneurs et

aux entreprises la possibilité de bâtir sur leur propre territoire. Les entrepreneurs sont accompagnés dans l'exécution de leur projet, dans l'accélération de leur croissance, dans le recrutement de leurs talents et dans leurs levées de fonds. Les projets sélectionnés sont tous porteurs d'innovations technologiques, et s'engagent en faveur de l'environnement.

Situé dans des locaux de plus de 650 m², ZEBOX Caraïbes offre à l'écosystème entrepreneurial de la région, qu'il soit anglophone, hispanophone ou francophone, un accompagnement de haut niveau, afin de soutenir les porteurs de projet dans leur développement, notamment vers l'international. Cette implantation est également une opportunité pour toutes les *start-up* du réseau ZEBOX souhaitant se lancer dans la région.

Signe de son expansion, ZEBOX Caraïbes a accueilli récemment cinq nouvelles *start-up*. Cette nouvelle cohorte porte à dix le nombre de structures accompagnées par ZEBOX Caraïbes depuis son lancement.

Les *start-up* que ZEBOX accompagne sont de réels moteurs d'innovation et de développement économique dans leur région, en créant des emplois et en dynamisant l'économie locale. Elles contribuent également à développer de nouvelles industries et de nouvelles sources de revenus pour les départements et collectivités d'outre-mer.

L'innovation peut transformer les industries des DROM-COM en leur permettant de diversifier leur économie et de se moderniser dans divers domaines stratégiques.

L'énergie

ZEBOX accompagne les *start-up* innovantes dans le domaine énergétique afin de favoriser l'émergence des énergies renouvelables dans les DROM-COM.



Photo © IMG_4264 ©GuillaumeAricique.JPG

Dans ces territoires, la production d'électricité est souvent basée sur des énergies importées et fossiles – coûteuses et vulnérables aux variations des prix sur les marchés internationaux – alors même que ces régions disposent de ressources renouvelables en abondance, notamment les énergies solaire, éolienne, hydraulique et géothermique.

Une des *start-up* accompagnées par ZEBOX basée en Guadeloupe travaille sur la transformation de biomasses locales et déchets non alimentaires locaux en source d'énergie verte (notamment sous forme d'hydrogène), en utilisant, entre autres, de l'énergie solaire pour faire fonctionner son unité de production.

En Guyane, une *start-up* élabore des solutions de micro-hydroélectricité hydrolienne, technologie visant à fournir aux habitants des zones isolées et rurales une énergie fiable et abordable, rapide à installer, simple à entretenir, et sans impact sur l'environnement.

L'agriculture

L'innovation est un élément clé pour aider les agriculteurs dans les terroirs et territoires d'outre-mer à faire face aux enjeux auxquels ils sont confrontés. Les conditions climatiques spécifiques à chaque territoire, les obstacles logistiques et la nécessité de préserver la biodiversité locale sont autant de défis qui nécessitent des solutions innovantes.

Des initiatives telles que l'utilisation de technologies de pointe pour surveiller les cultures, l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau et la mise en place de circuits courts pour la commercialisation des produits agricoles peuvent aider les agriculteurs des outre-mer à accroître leur productivité et leur rentabilité.

Ainsi, une *start-up* guadeloupéenne conçoit des objets connectés dont la vocation est d'être installés sur les terres cultivées, afin de remonter des informations ciblées en temps réel, et permettre à l'agriculteur d'optimiser ses prises de décisions et faciliter ses processus.

Une *start-up* guyanaise travaille quant à elle sur des probiotiques biomimétiques, pour répondre aux problématiques de dégradation des terres et de production éco-efficace par l'application de solutions naturelles de biostimulation des plantes.

Enfin, en Guadeloupe, une *start-up* favorise la mise en relation entre les producteurs et les consommateurs, et permet aux commerçants et agriculteurs de digitaliser leur activité pour ainsi réduire la fracture numérique dans leurs secteurs.

La santé

La *MedTech* (technologie médicale) dans les territoires d'outre-mer offre un potentiel important pour répondre aux besoins de santé spécifiques locaux. Elle permet d'améliorer l'accès aux soins de santé en éliminant les barrières géographiques, et en permettant la télémédecine ou en facilitant le maintien à domicile par un suivi numérique.

Parmi les *start-up* accompagnées, une *start-up* martiniquaise développe une solution de téléconsultation et de facilitation de prise de rendez-vous.

Une autre *start-up*, basée en Guadeloupe, développe un logiciel qui connecte les prescripteurs à tous les acteurs de prise en charge, ce qui leur permet de sécuriser le retour à domicile des patients. Ainsi, les prescripteurs optimisent la durée de séjour des patients, et évitent les réadmissions pouvant découler de défauts de prise en charge à domicile.

Le tourisme

La diversification de l'industrie touristique permet d'améliorer l'expérience des visiteurs – digitalisation des processus de réservation, paiement, visites – et les perspectives en matière de durabilité.

C'est le défi que plusieurs *start-up* accompagnées par ZEBOX relèvent en proposant de nouvelles offres de tourisme durable dans le respect et la découverte de la biodiversité des DROM-COM. Ces projets aussi divers que prometteurs ont un point commun de taille : leur engagement innovant envers leurs territoires, et la volonté d'accélérer leur développement.

De nouvelles ambitions pour ZEBOX

À l'occasion d'un événement réunissant le 12 avril 2023 à Paris les acteurs clés de l'écosystème *tech* en France, Rodolphe Saadé a annoncé les prochaines étapes du développement de ZEBOX.

Rodolphe Saadé a officialisé le lancement de ZEBOX Ventures, un fonds d'amorçage destiné aux *start-up* françaises et étrangères, ayant pour objectif d'investir, chaque année, dans une cinquantaine de *start-up*. Au travers de tickets moyens de 50 000 à 250 000 euros, ZEBOX Ventures interviendra dans des secteurs diversifiés en lien avec les principaux domaines d'application de ZEBOX : optimisation du transport et de la logistique ; mobilité ; décarbonation et transition énergétique ; digitalisation des process, IA (intelligence artificielle) ; *future of work*.

Afin d'assurer une parfaite coordination des interactions du Groupe avec l'écosystème de *start-up*, ZEBOX et ZEBOX Ventures ont rejoint le Start-up Hub de CMA CGM. Le Start-up Hub constitue désormais le point unique de référence, regroupant l'accélération et l'incubation avec ZEBOX, l'investissement dans les *start-up* en France et à l'étranger avec ZEBOX Ventures, ainsi que l'innovation digitale.

Le Phare, incubateur social de la Fondation CMA CGM couplant innovation et impact

En complément des innovations soutenues par ZEBOX, le Phare, l'incubateur social de la Fondation CMA CGM, accompagne des projets à impact social, afin de favoriser la création d'entreprises à vocation sociale dans le domaine de l'éducation et de la solidarité. Inauguré en septembre 2021, le Phare a déjà impulsé 14 projets depuis sa création. L'accompagnement est assuré par les collaborateurs du Groupe CMA CGM à travers un programme de mécénat de compétence.

Le Phare a fait le choix de se développer aux Antilles, où trois projets seront accompagnés pendant neuf mois sur les enjeux de l'éducation de demain et de la solidarité. Ils sont tous porteurs de solutions innovantes sur des problématiques antillaises. Ces projets proposent des solutions, notamment numériques, pour agir face au décrochage scolaire et pour l'insertion professionnelle des publics fragiles, et plus largement pour développer un meilleur cadre de vie aux populations ultramarines.

Ainsi, une *start-up* incubée met en relation commerçants et consommateurs pour lutter contre le gaspillage alimentaire et consommer des produits de qualité à petit prix, alors qu'une autre organise des ateliers de cuisine auprès de publics scolaires pour faire découvrir les produits locaux, en réalisant des recettes saines et accessibles à tous.



Photo © HMZ2671 ©GuillaumeAricique.jpg

La diversité française dans le jeu vidéo, *soft power* des outre-mer

Par Giovanni CELESTE

Fondateur de la société Dodorassik Games

L'industrie du jeu vidéo est une opportunité pour les départements et les régions d'outre-mer. Pourtant, elle reste méconnue du grand public en France, et souffre d'une méconnaissance par les acteurs institutionnels. L'objectif de cet article est de permettre d'apporter une nouvelle grille de lecture du jeu vidéo, dans un contexte mondial qui mérite que l'on se saisisse de ces sujets, pour valoriser nos patrimoines, pour répondre à des enjeux socio-économiques, mais aussi dans un contexte de crise qui nous oblige à revoir notre copie sur les enjeux environnementaux.

Une définition plus complexe qu'il n'y paraît

Le jeu vidéo a du mal à trouver sa place dans la grille d'analyse des décideurs politiques français. La définition scientifique du jeu vidéo connaît une longue histoire depuis l'avènement de l'informatique dans les années 1970-1980, et fait toujours débat dans les sphères universitaires, tantôt sur des définitions d'un produit informatique, tantôt sur une œuvre de divertissement, en passant par l'œuvre culturelle.

Au niveau juridique, c'est aussi encore assez flou pour l'Assemblée nationale, qui détermine que les enjeux du jeu vidéo sont aujourd'hui rattachés au ministère de la Culture, au même titre que ceux du cinéma, de la littérature ou du théâtre, bien loin des sujets à traiter par les ministères de l'Économie ou celui des Outre-mer comme produit industriel, à ce jour.

Un produit mixte et polymorphe

Je ne m'intéresserai pas ici à la définition scientifique du jeu vidéo, mais à certaines de ses caractéristiques identifiables par tous en tant que produit, pour une analyse adaptée au contexte de la Réunion :

- le jeu vidéo est principalement un produit dématérialisé : il est répliquable de manière informatique, et peut être distribué numériquement partout dans le monde ;
- les barrières à l'entrée de la conception d'un jeu vidéo sont relativement faibles d'un point de vue logistique : elle ne nécessite pas de construction d'usines ou d'importation de matières premières lourdes ;
- sa conception ne dépend pas des ressources naturelles du territoire : elle repose essentiellement sur la créativité et les compétences intellectuelles ;
- ses modèles économiques peuvent être flexibles et innovants, en constante évolution. Cela s'explique par la scalabilité du produit, la valeur ajoutée sur plusieurs aspects de sa chaîne de valeur, mais aussi parce que

les usages varient fortement selon l'âge des utilisateurs, leur zone géographique ou le type de jeu.

Pour une facilité de lecture, je me permets de faire quelques rappels sur la typologie « produit » d'un jeu vidéo, selon différents référentiels :

- c'est un produit numérique : il nécessite du développement informatique sur PC, console ou mobile ;
- c'est un produit artistique : il nécessite de la création graphique en 2D/3D et musicale ;
- c'est un produit culturel : il nécessite une ou plusieurs formes de narration ;
- c'est un produit commercial multi-sectoriel : déclinaison en produits dérivés : films, parcs d'attraction, effets scolaires aux couleurs de la licence, etc.

En ce sens, on peut le considérer comme un produit à fort potentiel de valeur ajoutée pour le développement d'un territoire, avec une balance économique non négligeable par son aspect numérique, mais aussi pour le développement de la création de valeur émergente sur du long terme par ses aspects culturels.

Pour un territoire, quelle que soit sa dimension, cela peut représenter un modèle économique profitable et créateur d'emplois.

Mais son plus gros intérêt reste, à mon sens, la valeur intrinsèque des licences pour un territoire, exploitables notamment pour le tourisme.

À titre d'exemple, le jeu japonais *Pokémon*, sorti en 1996, a depuis rapporté 108 Mds\$ en tant que licence, avec de nombreux produits déclinés.

À titre de comparaison, la licence américaine *Star Wars*, toujours très populaire, n'a rapporté que 69 Mds\$ depuis sa création en 1977, soit près de vingt ans de plus en termes d'existence.

Au Japon, on peut citer les restaurants à thème, les boutiques exclusives, les TGV thématiques, les parcs d'attractions, les événements officiels organisés par

des collectivités, ou les fameuses plaques d'égout *Pokémon*, que les touristes peuvent prendre en selfie. Cela contribue à l'économie locale sans lien direct avec l'action de « jouer au jeu vidéo ». C'est en ce sens que j'utiliserai le terme de *soft power*.

Quelques clés de lecture économiques

Pour illustrer mon propos, il me paraît naturel de rappeler quelques chiffres-clés principaux concernant l'industrie du jeu vidéo.

À l'échelle mondiale, l'industrie du jeu vidéo est estimée en 2022 à 221 Mds\$, et est la première industrie du divertissement, loin devant l'industrie du cinéma (26 Mds\$ en 2022).

En France, le jeu vidéo représente un peu plus de 5 Mds€, restant un des *leaders* mondiaux sur bien des plans, même si la comparaison avec des territoires comme les États-Unis (50,8 Mds\$) et la Chine (50,2 Mds\$) nécessiterait d'avoir une lecture à l'échelle européenne (36 Mds€).

À la Réunion, l'industrie du jeu vidéo représente tout au plus quelques centaines de milliers d'euros, bien en dessous de son potentiel.

Le nivellement de l'offre mondiale

Ne vous fiez pas aux stratégies des mastodontes du marché, que l'on appelle les studios AAA (reprenant l'analogie du système de notation financière), qui font de l'acquisition à très grande échelle et dont les enjeux personnels ne sont pas représentatifs de la grande diversité de l'industrie.

De manière générale, ces acteurs majeurs ont du mal à renouveler leurs licences, et doivent diversifier leur catalogue en rachetant d'autres studios AAA, ou de taille intermédiaire pour pouvoir trouver des relais de croissance, notamment sur de nouvelles segmentations, souvent liées au renouvellement générationnel.

Ce qui donne par effet de convergence la fusion d'entités surpuissantes à l'échelle des GAFAM, obligeant le législateur à intervenir (cf. l'opposition de l'autorité britannique de la concurrence (CMA) à la mégafusion de Microsoft et Activision Blizzard depuis 2021, toujours en cours).

Je vous invite plutôt à constater l'émergence d'un sous-marché en forte croissance : le jeu vidéo indépendant.

Au contraire des studios dits AAA, les studios indépendants n'ont pas vocation à optimiser leurs bénéfices, et jouissent donc d'une plus grande liberté d'expression, faisant ainsi émerger de nouveaux genres, et par conséquence de nouvelles segmentations.

Le cas le plus emblématique est le célèbre jeu *Minecraft*, historiquement développé en 2009 par une seule personne, aux compétences graphiques limitées, mais qui a su créer un succès planétaire sans précédent, jusqu'à être racheté par Microsoft pour 2,5 Mds\$ en 2014.

Depuis, ce nouveau modèle a su trouver ses lettres de noblesse, avec la spécialisation d'éditeurs de jeux vidéo pour le jeu indépendant, mais aussi renforcer certains acteurs de la distribution dématérialisée PC et mobiles. Depuis quelques années, les acteurs consoles ont emboîté le pas, multipliant les offres pour attirer les futures stars des *indie games* en exclusivité.

Ce nouveau marché permet à des petites structures à dimensions humaines, et n'ayant pas toutes les compétences internes, de pouvoir générer des revenus de plusieurs centaines, voire de millions d'euros grâce à leur seule passion.

Certains acteurs français ont pu profiter de ce changement profond de paradigme pour trouver leurs marchés et une offre de financement alternative.

Les territoires d'outre-mer ne profitent pas encore pleinement de cet essor.

Vers des succès dans l'audiovisuel

Cela ne vous aura pas échappé, le jeu vidéo réussit aussi à percer dans l'industrie audiovisuelle, avec les nombreuses adaptations réussies de ces dernières années comme la série *Arcane (League of Legends)*, *The Last of Us* ou *The Witcher*, mais aussi au cinéma les films *Sonic*, et surtout le film record du moment, *Mario Bros* (un milliard de dollars de recettes).

Toutes ces clés de lecture nous permettent d'y voir une opportunité pour la France de restructurer son industrie pour rester compétitive, mais aussi pour devenir *leader* européen sur ces industries, notamment grâce à ses régions d'outre-mer.

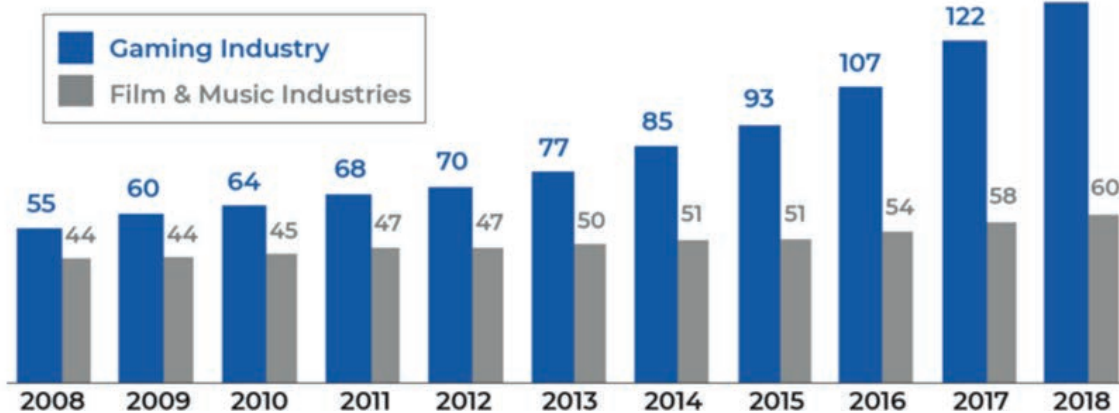


Figure 1 : L'industrie du divertissement (Source NewZoo, Nielsen, Forbes).

Enjeux pour les DROM

Une proximité géographique

Les marchés les plus matures du jeu vidéo sont situés dans l'hémisphère Nord, principalement en Amérique du Nord, Asie du Sud-Est et Europe de l'Ouest. De nouveaux territoires très dynamiques ont émergé sur la dernière décennie, avec des territoires notables comme le Qatar, le Brésil et l'Afrique du Sud.

L'attractivité de la France est due à un atout considérable et non négligeable sur le plan mondial : c'est la situation géographique de ses territoires d'outre-mer.

Tous ces territoires couvrent l'ensemble du globe avec des positions stratégiques pour les besoins du jeu vidéo :

- couverture des trois-huit pour l'assistance aux joueurs et aux chaînes de production ;
- attractivité de la France pour d'autres pays étrangers ciblant les territoires émergents à proximité ;
- stabilité et robustesse françaises : ressources qualifiées, formation, confort de vie.

Principale contrainte, l'éloignement avec Paris

On peut noter des problématiques communes aux différents territoires d'outre-mer :

- nous sommes des territoires français, mais éloignés des pôles de compétitivité nationaux et des réseaux *business* associés, ce qui freine le dynamisme des projets en local ;
- des marchés locaux trop petits qui obligent à une internationalisation rapide mais complexe à l'amorçage ;
- les acteurs institutionnels locaux ont une grande méconnaissance de l'industrie.

Vers une cohésion avec les acteurs nationaux

Le Syndicat national du jeu vidéo (SNJV) rassemble en France les acteurs du jeu vidéo, représentés en local par des associations régionales.

Bouftang, collectif des professionnels du jeu vidéo à la Réunion, est une de ces associations régionales, et siège au conseil administratif du SNJV.

Elle s'est récemment associée à des acteurs des Industries créatives et culturelles (ICC) pour créer un pôle de compétitivité ICC sur le territoire réunionnais.

Des initiatives commencent à apparaître au niveau européen, notamment l'accompagnement par Spielfabrique sur les co-productions européennes, ce qui représente une grande opportunité pour des collaborations entre PME européennes et d'outre-mer.

On peut espérer que ces interactions vont générer de nouvelles offres de valorisation culturelle, avec la mixité et la diversité de folklores de notoriété mondiale : Europe du Nord et de l'Est, civilisations méditerranéennes, mais aussi patrimoines culturels et historiques des outre-mer, à fort potentiel pour le jeu vidéo.

Le soft power français passe par la diversité culturelle

En termes de comparables, on peut observer de par le monde plusieurs modèles d'influences par des univers imaginaires à succès :

- *Harry Potter* utilise la *fantasy* pour mettre en valeur ses inspirations, au début dans le folklore britannique, pour ensuite puiser dans les États-Unis des années 1930 pour sa suite *Les Animaux fantastiques*.
- Le Japon utilise aussi sa culture à outrance, le studio Ghibli a joui de nombreux succès sur le folklore local japonais. *Pokémon* profite d'un modèle à croissance quasi illimitée en fusionnant des insectes, animaux, plantes ou encore rochers.

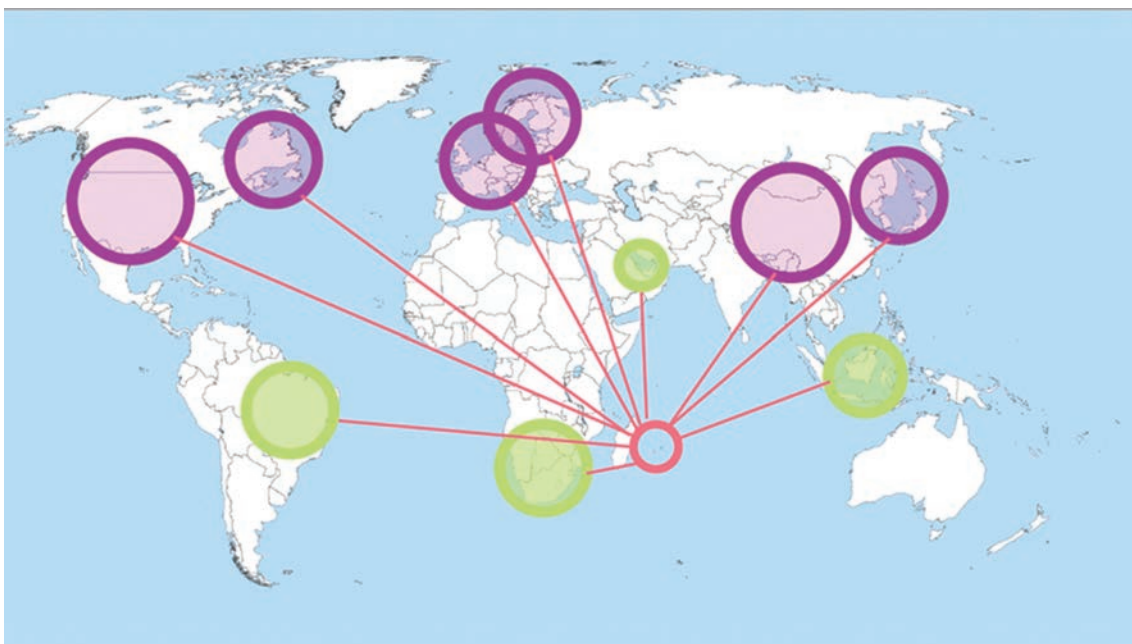


Figure 2 : Carte des marchés matures (en violet) et émergents (en vert) (Source : D.R.)



Figure 3 : *Tsilaosa*, jeu indépendant en cours de développement, sur le thème de l'esclavage à la Réunion (© Liberty Games).

- Disney pioche dans toutes les cultures du monde pour ses nouvelles licences, l'Europe scandinave avec la *Reine des Neiges*, les îles polynésiennes avec *Moana*, mais aussi l'Afrique avec *Black Panther* des univers Marvel.

De mes échanges avec des utilisateurs et professionnels étrangers, je constate que la France jouit d'une notoriété culturelle forte à l'étranger. Cependant, pour ces interlocuteurs, son image se cantonne à la France de Paris, sa Tour Eiffel, ses Champs-Élysées et ses cafés... vision quelque peu restrictive de la France.

Une tendance dans l'industrie indépendante est l'attente de nouvelles expériences, plus centrées sur des expériences personnelles, de la découverte culturelle plus éloignée des images clichées, voire du fait main.

La France reste un des champions mondiaux en termes d'image d'intégration et de diversité culturelle, qu'elle n'exploite pourtant que peu dans son *soft power*.

Cette diversité est partout en France, et aussi dans ses territoires d'outre-mer : autant de potentiels de produits à l'export, intemporels et concurrentiels.

Mes quelques recommandations

Souveraineté numérique

Dans un monde dominé par le numérique (GAFAM, intelligence artificielle, *data* dans le *cloud*, cybersécurité...), garder une certaine souveraineté numérique me paraît non négligeable. Les instances

européennes commencent à s'y intéresser à la suite de la guerre en Ukraine (fibre numérique, *data center*, créneaux horaires, nécessaires pour toutes les opérations stratégiques nécessitant l'usage de l'informatique).

Le jeu vidéo est central sur tous ces sujets de par son influence et sa porosité.

Influences culturelles des États-Unis et du Japon : mieux faire valoir un rôle de la France et de ses outre-mer

Aujourd'hui, très peu de licences françaises ont une influence majeure.

A contrario, les Américains exploitent pleinement leurs licences à succès, sur tous les supports (conventions, produits dérivés). Comme exemples on peut citer *Fortnite*, ou *Minecraft*, qui ont aujourd'hui des influences majeures sur les plus jeunes générations.

Le Japon a lui aussi une influence majeure sur l'industrie et les licences. Les exemples les plus célèbres à l'étranger sont *Pokémon* et *Mario Bros*, mais de nombreux jeux tirent leurs inspirations directement de la culture manga, comme *Genshin Impact*.

Plus récemment, on peut citer le succès phénoménal du studio espagnol Chibig sur la plateforme de *crowdfunding* Kickstarter. Son futur jeu, toujours en cours de création, a levé pas moins de 1,3 M€ en financement participatif. Le studio se spécialise dans des jeux inspirés du studio japonais Ghibli.

La France et les outre-mer doivent pouvoir se renouveler, pour créer des univers qui ont une portée internationale et une influence majeure sur les choix artistiques.

Sobriété numérique

Je terminerai par un sujet majeur et à fort potentiel pour la France et ses territoires d'outre-mer, la sobriété numérique. Cela ne vous aura pas échappé, les enjeux climatiques sont au centre de l'attention.

Là encore, ce sont des sujets qui peuvent nourrir une stratégie globale ambitieuse pour la France et ses territoires d'outre-mer :

- les associations régionales du SNJV se sont regroupées pour répondre à un appel à projets sur la sobriété numérique dans le jeu vidéo ;

- de nombreux acteurs se rassemblent autour des enjeux climatiques et le pouvoir du jeu vidéo en tant qu'outil de modélisation, de sensibilisation et de simulation pour répondre aux problématiques complexes de ces sujets, notamment au travers de l'International Game Developers Association : Climate Change ;

- en se rapprochant de l'Université de la Réunion, certains acteurs commencent à réfléchir au développement d'outils de pilotage sur les enjeux climatiques par le jeu, et la prévention des risques naturels qui y sont associés (tsunami, glissements de terrain, montée des eaux, tempêtes plus fréquentes, sécheresses...).

Faire de la France un pays champion des sujets de la sobriété numérique et des actions dans la lutte contre le changement climatique passera par le jeu vidéo.



Figure 4 : *Taste of Heaven*, par Chromatic Games, gagnant de la GameCup 2022. Jeu réunionnais, inspiré du *Voyage de Chihiro* du studio japonais Ghibli (© Chromatic Games)..

Entreprendre outre-mer, la quête du sens

Par Jérôme ISAUTIER
PDG du Groupe Isautier

À travers une brève histoire économique de La Réunion et du Groupe Isautier, nous interrogeons dans cet article les ressorts et perspectives de l'entrepreneuriat outre-mer. La situation spécifique de ces îles françaises et européennes, que ce soit sur le plan géographique ou administratif, détermine leurs contraintes et opportunités, et nécessairement leur potentiel de développement économique et humain. Que le point de vue soit de Paris ou de Saint-Denis, les perceptions, motivations et attentes relatives à la relation entre la « mère patrie » et son département ultramarin sont forcément différentes. Il est raisonnable de penser que chaque partie ambitionne la quête du mieux pour soi. La question se pose de la convergence d'intérêts et du rôle des entrepreneurs dans ces considérations macro-économiques. En écho aux questionnements de la société du moment, et si le sujet se résumait en une « quête de sens commun » ?

1642 – 1948 : La Réunion sert les desseins de la mère patrie

Depuis sa prise de possession au nom de la France en 1642, La Réunion a servi les ambitions mondiales de la mère patrie, qu'elles soient commerciales ou militaires.

Pour l'anecdote, sa première fonction fut de servir de prison lorsqu'en 1646 douze mutins de Fort Dauphin (Comptoir de la Compagnie des Indes à Madagascar) furent exilés sur l'île. Ils furent retrouvés en parfaite santé lorsque la France s'installa définitivement en 1663 et fit de l'île Bourbon un comptoir administré par la Compagnie Française des Indes Orientales pour le ravitaillement des bateaux de passage sur la route des épices.

Les noms de l'époque, « possession » puis « colonie », témoignent de la vision qu'avait la France de ce bout de terre perdu au milieu de l'océan Indien.

Afin de nourrir les marins, et jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les cultures vivrières dominent. À noter que la canne à sucre est déjà présente, mais uniquement transformée en alcool artisanal.

Peu à peu, des cultures spéculatives sont rendues obligatoires par la Compagnie des Indes afin de profiter des flux de bateaux remontant vers l'Europe. Ainsi, le café connaît ses heures de gloire vers 1750 pour approvisionner la cour du roi Louis XV.

L'essor de la canne à sucre, pour sa part, est lié à un concours de circonstances exogènes à l'île. La Révolution française de 1789 fut suivie de celle des esclaves de Saint-Domingue en 1791. L'arc antillais fût dès lors jugé comme peu sûr, et la production de sucre rapatriée en océan Indien. Les guerres entre la France

et l'Angleterre virent La Réunion passer sous pavillon britannique de 1810 à 1815, avant de revenir dans le giron de la France. Pendant cette période, les Anglais donnèrent une impulsion significative à la culture de la canne. Dès 1816 et 1817, les usines du Gol et de Bois Rouge furent créées, seules rescapées en 2023 des mouvements de concentration et des crises profondes qu'a connus la filière du fait de maladies végétales, de la découverte du sucre de betterave au début du XIX^e siècle, ou plus tardivement de l'abolition de l'esclavage en 1848, même s'il fût remplacé par l'engagisme, permettant de pérenniser le modèle d'une culture de rente basée sur une main-d'œuvre soumise et peu coûteuse.

Si d'autres aventures ont été tentées, avec quelques succès, dans les périodes de crise du sucre, comme les plantes à parfum ou la vanille, la culture de la canne à sucre est restée, depuis son implantation, le pilier de l'agriculture réunionnaise ; une sorte d'icône qui façonne le paysage et la vie des Réunionnais.

Dans ce contexte où l'appel de l'exotisme était puissant, renforcé par les espoirs de meilleure fortune, des cadets de famille français ont pris la mer depuis la métropole. Ainsi, deux frères, Louis et Charles Isautier, se sont embarqués vers La Réunion pour rejoindre un oncle déjà installé. Ils fondèrent les Établissements Isautier en 1845, la plus ancienne entreprise réunionnaise encore en activité aujourd'hui. Ils y développèrent une scierie industrielle pour la réparation navale, ainsi qu'une distillerie. Cette seconde activité connut ses heures de gloire à l'aube du XIX^e siècle, l'entreprise récoltant de nombreuses médailles dans les concours internationaux et expositions universelles (Paris 1878, 1989, 1900, Pays-Bas 1883, Moscou 1891...), alors qu'il fallait six mois de voyage en mer entre la Réunion et l'Europe.

Ils participèrent également à l'épopée de la canne et des plantes à parfum, eurent même leur propre sucrerie, mais durent y renoncer vers 1920 sous l'effet des crises et se contenter de la culture de la canne, sur une surface de 300 ha, relativement importante à l'échelle locale.

Malgré les aléas économiques des cultures spéculatives, on peut considérer que La Réunion a retiré une certaine fierté de cette époque, mais les Réunionnais n'ont que peu profité de cette relation à sens unique. À l'aube de la Seconde Guerre mondiale, la population était dans un état sanitaire déplorable et de grande précarité.

Le virage de la Seconde Guerre mondiale et de la décolonisation

En ces temps de guerre, les dangers de la navigation de commerce aggravent l'isolement de l'île. Les habitants abandonnent les cultures d'exportation pour se recentrer sur des cultures vivrières. La production de sucre tombe à 13 000 t en 1944, contre 110 000 t en 1940. Malgré cela, l'île connaît de graves pénuries et même une disette alimentaire ; les habitants sont dans un état sanitaire alarmant. Au sortir de la guerre, la consommation de viande est de 9 kg par an par habitant à La Réunion contre 44 kg en métropole, quatre habitants sur dix meurent de paludisme.

Dès la fin de la guerre, la décolonisation et la déconstruction des empires commencent avec leur lot de conflits plus ou moins violents concourant à l'indépendance ou à l'autonomie. Dans ce contexte, et à total contre-courant pour l'époque, les députés réunionnais obtiennent du gouvernement dès 1946 que l'île devienne un département français à part entière, en espérant que la devise « liberté, égalité, fraternité » sorte leurs concitoyens de la misère tant matérielle que sociale. C'est une première mondiale pour un territoire de faire partie d'un pays situé à plus de 10 000 km, et une nouvelle relation naît entre la France et La Réunion, d'égal à égal, sur le plan théorique tout au moins.

Pendant ce temps, le jeune Charles Isautier, resté au pays, tente de faire survivre les affaires alors que son frère aîné, Alfred, part faire la guerre. Des nombreux échanges épistolaires retrouvés, il ressort que les deux frères ont été profondément marqués par cette période de guerre qui a forgé leur destin de chefs d'entreprise. Ils auraient pu se contenter de faire fructifier les activités historiques, mais leur quête de sens, née d'avoir côtoyé cette pauvreté extrême, les a amenés sur d'autres chemins plus ambitieux. De fait, dès la fin de la guerre, l'heure est à la reconstruction en France. Les deux frères ne sont pas en reste et créent une société de construction dès 1946, portés par la confiance issue de la départementalisation. Deux secteurs prioritaires sont ciblés comme leviers d'un meilleur futur pour leur île : la santé et l'éducation. Ils bâtissent ainsi de nombreuses écoles (à Saint-Pierre, Le Tampon, trois à Saint-Denis, à Saint-Benoît, Saint-Philippe...), et agrandissent les hôpitaux de Cilaos et Saint-Louis. Ils participent également à l'adduction d'eau du Sud de La Réunion pour une meilleure hygiène.

Malgré cette énergie déployée par quelques chefs d'entreprise et la volonté des élus, les espoirs nés de la départementalisation furent globalement déçus à court terme, si ce n'est la très forte augmentation de la production de sucre, qui atteint 218 000 t en 1960. Pour le reste, la société est restée inégalitaire, malnutrie, mal soignée et illettrée, par manque de professeurs, soignants et surtout d'un projet partagé pour l'île.

1949-1980 : les années Debré, le fol espoir

En 1959, Michel Debré débarque à La Réunion en qualité de ministre du général de Gaulle. Il découvre une foule métisse, pauvre, mais qui crie « vive la Patrie ». Il décide de redonner à la France son rayonnement planétaire en cours de disparition, en faisant de La Réunion un exemple vivant d'une nation qui transcende la barrière des océans, des religions et des origines. Son rêve était que « des hommes, si éloignés soient-ils, puissent accepter de regarder puis marcher dans la même direction ».

Michel Debré venait de donner un sens politique à la vie des Réunionnais.

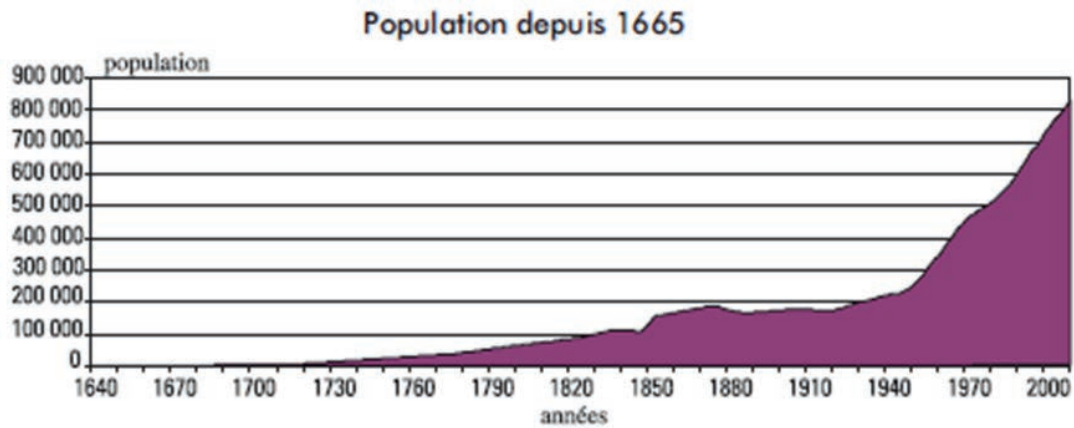
Il appliqua à son ambition des méthodes d'entrepreneur en fixant un plan triennal de modernisation, d'amélioration des équipements et d'expansion économique, le 30 juillet 1960. Son engagement politique comme député de La Réunion pendant vingt-cinq ans et ses nombreux livres sur le développement économique de l'île l'ont élevé au statut de bienfaiteur de l'île pour la grande majorité des Réunionnais.

Les ambitions politiques et économiques affichées, conjuguées à l'espoir retrouvé après la fin de la guerre, eurent un effet déterminant sur la natalité, qui explosa littéralement, alors que la mortalité était mieux maîtrisée grâce à une politique de santé volontariste (vaccination obligatoire).

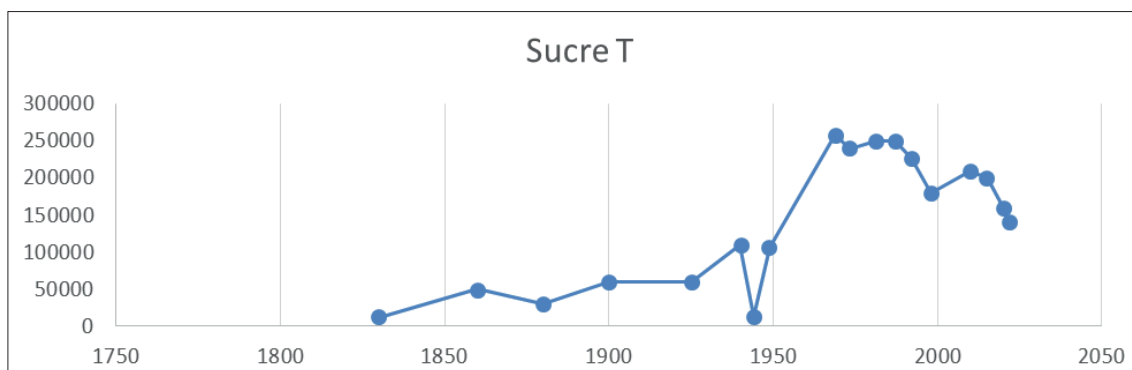
Les entrepreneurs s'attachèrent à satisfaire cette nouvelle population, décuplée par l'afflux de fonctionnaires pour faire fonctionner les dispensaires, les écoles et l'administration de façon générale. De même, de 1965 à 1985, le nombre de PMI passa de 26 à 181. L'alignement progressif des prestations sociales ainsi que celui des salaires accompagnèrent cette croissance de la demande intérieure. Un cercle vertueux était né.

Le monde agricole a également bénéficié de ces investissements, en irrigation notamment, et la canne à sucre a connu ses plus forts taux de croissance pour atteindre un pic de production en 1970 avec 260 000 t de sucre produites.

Les frères Isautier, rejoints par leur benjamin Henri, ne furent pas en reste dans cette période d'euphorie. Si Fred se consacra à la politique et Henri à l'agriculture, Charles mit en œuvre sa vision née des extrêmes privations de la population auxquelles il avait assisté. Il décida tout simplement de déterminer les besoins de la population réunionnaise et de les produire... localement ! Ainsi, les Établissements Isautier réalisant des



Sources : Archives, Insee, recensements de la population, estimations de population.



immeubles et des maisons, il lança une fabrique de meubles, puis une usine de matelas, de l'encaustique pour cirer les sols, des bougies pour l'éclairage des défavorisés, du savon et de l'eau de javel pour la désinfection...

Il s'attaqua aussi aux sujets de nutrition et développa une usine d'alimentation pour le bétail, une minoterie, une huilerie ; et participa à l'émergence de la filière lait (qui était distribué aux enfants dans les écoles pour combattre leurs carences en calcium).

Il s'intéressa enfin aux dérivés du sucre, et proposa du chocolat, des confitures, des bonbons et confiseries, des jus de fruits...

Sa logique était imparable et son énergie inépuisable, portées par le sens donné à son engagement d'entrepreneur.

Rattrapage social, transferts et consumérisme

Malheureusement, dès le début des années 1970, un événement passé quasi inaperçu allait casser ce bel élan du développement de la production locale. Le premier container entra en darse de la Pointe des Galets en 1972. S'ensuivit le développement de la

grande distribution et surtout l'approvisionnement des centrales d'achat métropolitaines, concurrençant sévèrement les productions locales. Cette concurrence féroce s'accrut doublement en 1973 et 1976 à la suite des deux chocs pétroliers, les entreprises françaises et européennes cherchant elles-mêmes à survivre en exportant à marges très réduites.

Les Établissements Isautier, ayant fait par conviction profonde le choix de rester industriels envers et contre tout au lieu de prendre le virage de la distribution, résistèrent tant bien que mal à ce déferlement, grâce à la vente des biens immobiliers acquis pendant les années d'euphorie. Malheureusement, peu après la mort de Charles, en 1990, il fallut se rendre à l'évidence : les dettes accumulées dépassaient les actifs liquides, et les banques augmentaient la pression pour une mise en liquidation de la partie industrielle du groupe.

Pendant ce temps, le modèle s'essouffle, la croissance devient vide de sens et artificielle. Quelques familles s'enrichissent, principalement dans la distribution, et les seules perspectives d'élévation sociale rapide sont d'obtenir un mandat politique dans une collectivité. Les problématiques du territoire sont abordées sous le seul angle « social », le revenu minimum d'insertion (RMI) fait son apparition pour les plus de 25 ans, qui l'appellent « le salarié » par dérision en absence

de perspective de salaire. Même les gouvernements croient peu au développement, le RMI est remplacé par le revenu de solidarité active (RSA) abandonnant au passage le « i » de insertion.

Malgré tout, la métropole ne cesse d'augmenter ses contributions directes, qui explosent littéralement (+ 3,5 en 15 ans entre 1984 et 1999), ou indirectes via la « défiscalisation » qui permet aux contribuables métropolitains d'investir leurs impôts en outre-mer, et qui a représenté 1 milliard d'euros pour La Réunion dans les années 1990.

	1984	1989	1996	1999
Transferts en millions d'euros	900	1524	2562	3125

Sous cette pluie d'euros venus de l'Hexagone, les consommateurs eurent le sentiment d'une élévation de leur niveau de vie par la satisfaction de leurs besoins primaires : un logement, de la nourriture surabondante, des soins de qualité. Mais dans le même temps, les Réunionnais ont cruellement manqué de perspectives d'emploi, surtout les jeunes. Malgré des embauches massives dans les collectivités, dont l'utilité a pu questionner, le taux de chômage officiel à La Réunion était de 24 % en 2018 contre 9 % en métropole, le problème frappant encore plus sévèrement les jeunes avec un taux de plus de 40 % chez les moins de 30 ans. Et encore, ces chiffres n'incluent pas les demandeurs d'emploi ne correspondant pas aux critères BIT (au sens du Bureau international du travail pour une personne âgée de 15 ans ou plus, sans emploi, disponible à l'embauche dans les deux semaines, et ayant cherché activement un emploi au cours des quatre dernières semaines ou en ayant trouvé un qui commence dans moins de trois mois), phénomène appelé pudiquement « le halo » autour du chômage, et représentant environ 10 % de la population. Ainsi, en 2018, un jeune sur deux n'avait aucune perspective d'emploi.

Les chiffres des importations comparés à ceux des exportations sont également révélateurs de cette société totalement bancale dans son développement.

Comment trouver un sens à sa vie avec ce sentiment de n'être utile à la société qu'au travers de sa consommation ? Les plus anciens en viennent à regretter les anciens temps : « Nou l'été pau mais nou l'été fier » (« Nous étions pauvres mais nous étions fiers »).

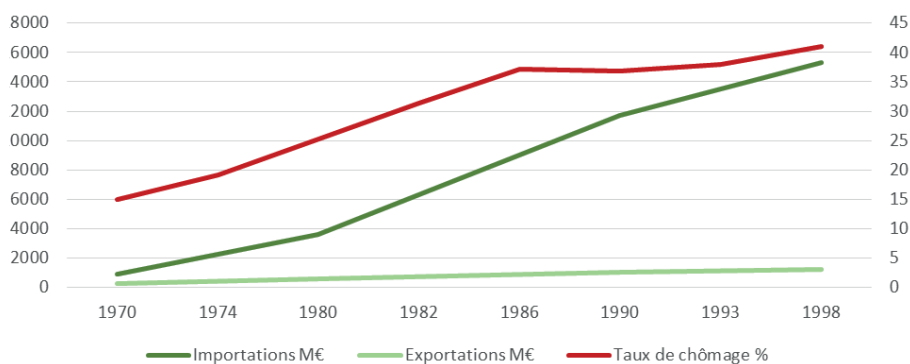
Le Groupe Isautier, pour sa part, s'est lentement redressé en abandonnant les activités déficitaires, et en se recentrant sur ses métiers historiques, le rhum, l'immobilier et l'agriculture. Le Groupe réalise aujourd'hui 40 M€ de chiffre d'affaires et emploie 106 collaborateurs (contre plus de 500 dans les années 1960). De satisfaisantes perspectives de développement existent qui permettraient de doubler le chiffre d'affaires et d'embaucher une cinquantaine de collaborateurs dans les dix ans. Mais cela est-il une ambition suffisante pour la plus ancienne entreprise de l'île encore en activité, par rapport aux problématiques de La Réunion ?

Quelles solutions pour redonner du sens ?

Agrandir le marché local pour développer l'industrie et l'agriculture

Certaines élites gouvernementales ont pensé avoir trouvé la solution pour redonner du sens au développement de La Réunion : le développement endogène en zone océan Indien. Certes, sur un plan relationnel pour retisser les liens multiculturels de La Réunion, cette idée est séduisante. Mais en ayant peu ou prou les mêmes productions et avec des niveaux de coûts de revient sans commune mesure du fait des salaires, comment imaginer que le flux sera dans le sens sortant pour La Réunion ? Dans le privé, le salaire moyen mensuel à l'île Maurice est de 457 euros ; il est de 152 euros à Madagascar et de 1 920 euros à La Réunion, soit un salarié réunionnais pour quatre salariés mauriciens et douze salariés malgaches.

Balance Commerciale et Chômage



La balance commerciale est bien entendu déséquilibrée avec ces pays, en défaveur de La Réunion. Les Réunionnais vont en vacances à Maurice, même ceux qui vivent des minima sociaux, et non l'inverse. Les entreprises importent des produits alimentaires de Madagascar. La seule chose qui est exportée vers la grande île est le résidu de notre société d'hyperconsommation : les voitures usagées dont nous ne voulons plus. Les PIB par habitant parlent d'eux même, en précisant que les Seychelles retirent la majorité de leur PIB de grands groupes internationaux qui dominent le tourisme et la pêche, et qu'à Maurice de puissants consortiums dominent également l'économie. Les populations sont pauvres au regard de La Réunion, et n'ont qu'un faible pouvoir d'achat.

L'idée d'agrandir le marché cible pour permettre le développement du secteur secondaire, qui lui-même peut tirer le secteur primaire, reste pertinente. Cependant, compte tenu des coûts de production susmentionnés, seuls les marchés riches peuvent être ciblés. L'Europe ressort naturellement au regard des échanges préexistants et du PIB par habitant (26 400 € en 2020). Seul inconvénient, les entreprises métropolitaines et européennes sont cent fois plus puissantes que les entreprises réunionnaises. À ce titre, l'Europe a reconnu à travers l'article 349 du TFUE (ou traité de Lisbonne) que des mesures de compensation pour rétablir l'équité concurrentielle en faveur des industries réunionnaises étaient légitimes. Ainsi, les entreprises locales sont pour la plupart exonérées de la taxe dite de l'octroi de mer, dont le taux pivot est de 17,5 % et qui frappe donc les produits importés (hors services), ce qui rétablit partiellement la concurrence par rapport à la production locale.

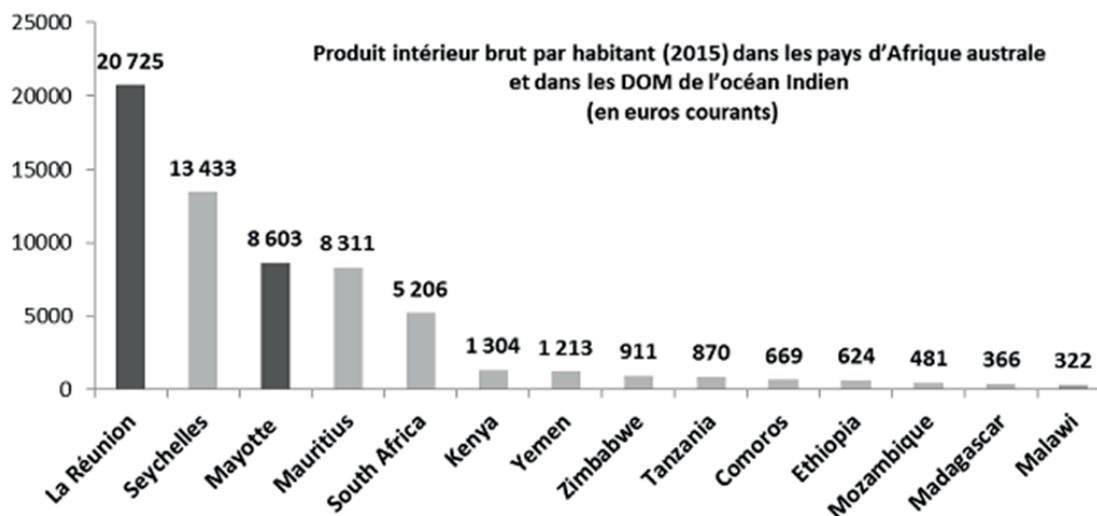
Une aide au fret existe déjà, mais en moyenne elle ne représente que 2 % de la valeur des produits exportés, bien loin des 17,5 % recherchés. Afin d'avoir un effet réel sur les exportations, l'idée serait d'utiliser l'article 349 du TFUE pour l'export. Ainsi, une subvention pourrait être mise en œuvre, de l'ordre de 20 % du chiffre d'affaires export des entreprises basées à La Réunion, mais seul

le budget de l'État français serait touché. L'autre option, plus pertinente, serait de demander à l'Europe d'exonérer de TVA les produits réunionnais entrant sur le territoire européen. Cela « aiderait » à hauteur de 21 % environ (taux moyen de TVA en Europe) les exportations réunionnaises, qui pourraient cibler un marché de 500 millions de consommateurs. Bien entendu, cette mesure nécessiterait l'accord des 27 pays membres de l'UE, ce qui peut la rendre illusoire. Une version plus réaliste serait de solliciter l'application de cette mesure sur le marché métropolitain (67 millions de consommateurs quand même), d'autant que des dispositions fiscales dérogatoires en faveur des DOM existent déjà (dérogation fiscale sur le rhum traditionnel).

Pour radicalement changer l'attractivité des outre-mer, cette mesure pourrait être couplée à une variante du « perfectionnement actif », qui permettrait aux produits importés de pays tiers à l'UE d'y entrer sans droits de douane sous réserve d'une certaine proportion d'ouvraison dans les DOM. D'aucuns pourraient craindre une « invasion » de produits asiatiques ou autres à bas coûts de main-d'œuvre, mais la seule disponibilité foncière extrêmement réduite des outre-mer permet de considérer cette crainte comme non fondée. Là encore, une expérimentation à l'échelle française permettrait de donner un souffle important à l'industrie manufacturière des outre-mer.

La biodiversité active

Le sujet de la préservation de la biodiversité, même s'il a été brièvement supplanté par le Covid, est au cœur des enjeux planétaires. Divers accords internationaux, sous l'égide de l'ONU, ont témoigné de la volonté commune pour un développement plus durable de l'activité humaine. Ainsi, la Convention sur la diversité biologique (CDB) a été adoptée lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. Signé par 168 pays, ce traité reconnaît pour la première fois au niveau du droit international que la conservation de la diversité biologique est une préoccupation commune pour l'ensemble de l'humanité, et est consubstantielle au processus de



développement. Divers accords internationaux ont suivi dont le protocole de Nagoya en 2010 ou la COP15 à Montréal en 2022. Les pays signataires ont établi d'ambitieux programmes de protection de l'environnement, dont la France avec la loi Barnier en 1995 et les successives Stratégies nationales pour la biodiversité (SNB). L'Europe, pour sa part, a affecté un budget de 5,43 milliards d'euros sur la période 2021-2027, pour l'environnement, la conservation de la nature et l'action climatique.

Sur ce sujet, La Réunion dispose d'atouts indéniables. Forte de ses 200 microclimats, l'île est l'un des 34 *hot spots* de la biodiversité mondiale, ce qui lui a valu l'inscription de ses « Pitons, cirques et remparts » au patrimoine mondial de l'UNESCO en 2010. Forte de son histoire agricole, l'île possède également une base solide de compétences, confortées par les organismes de recherche performants que sont le Centre de recherche sur la canne (ERCANE), le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) ou encore l'Association réunionnaise pour la modernisation de l'économie fruitière, légumière et horticole (ARMEFLHOR). Enfin et surtout, les outre-mer français, dont La Réunion, sont les seules terres émergées européennes dans la zone intertropicale. Dès lors, La Réunion et ses îles sœurs, fortes de leurs savoir-faire, de leurs technologies et des financements européens, pourraient être les fers de lance de la politique européenne en matière de biodiversité végétale, et devenir une banque de semences et plantules pour ramener la biodiversité dans les zones

intertropicales. Cette nouvelle politique permettrait de passer de la biodiversité passive à la biodiversité active. De surcroît, les jeunes en manque d'emploi, au-delà des emplois agricoles qualifiés pour les analyses de biotopes, pourraient être formés à la replantation, par la mise en place d'un service militaire environnemental.

Cette politique redonnerait clairement un sens au développement de La Réunion, partagé par la population à qui elle redonnerait travail et fierté.

Parallèlement, les activités du Groupe Isautier ont toujours été guidées par la quête de sens. Le pôle immobilier loge les Réunionnais et permet aux entreprises de l'île de grandir ; les rhums familiaux ont dépassé les frontières de l'île et portent les valeurs créoles de partage et de convivialité sur le continent européen ; et j'ai la conviction que notre filiale agricole est amenée à jouer un rôle encore plus ambitieux, de portée planétaire, en portant l'idée que La Réunion peut devenir la banque de semence des espèces en voie d'extinction de la zone intertropicale.

Bibliographie

MATHIEU J.-C. (2010), *Stratégies d'une industrie réunionnaise ; les Établissements Isautier à l'échelle d'une vie : Charles Isautier (1917-1990)*, thèse de doctorat avec pour directeur Sudel FUMA, Université de La Réunion.

MAGAMOOTOO E. & MAGAMOOTOO J. (1989), *La Réunion des possibles*, Paris, Riveneuve éditions.

HO H. Q. (2001), *38 chefs d'entreprise de La Réunion témoignent*, Île de La Réunion, Azalées édition.

Sortir de l'addiction aux combustibles fossiles : une nécessité, mais quel défi !

Par Gérard BONHOMME

Professeur émérite à l'Institut Jean Lamour, Campus Artem, Université de Lorraine, et président de la commission « Énergie & Environnement » de la Société française de physique

Atteindre l'objectif de la neutralité carbone en 2050 imposera une réduction drastique de notre consommation de combustibles fossiles, qui représentent pourtant aujourd'hui notre source d'énergie principale. L'électrification de nouveaux usages, jointe au déploiement de sources d'électricité bas-carbone, ainsi que la réduction de la consommation par des gains en efficacité énergétique et la mise en œuvre de mesures de sobriété sont les leviers envisagés dans les différents scénarios. Mais face à l'énormité du défi et à ses dimensions planétaires, et au rôle essentiel de l'énergie dans l'économie, un examen objectif et lucide des contraintes et des limites physiques est indispensable. Dans cet article, nous expliquons ainsi pourquoi les sources renouvelables seules ne suffiront pas et pourquoi le recours à l'énergie nucléaire est absolument indispensable.

Prendre la mesure du défi

En France, la consommation d'énergie finale repose à plus de 60 % sur les combustibles fossiles, en particulier pour les usages liés :

- à la production de chaleur pour les bâtiments et l'industrie ;
- et aux transports.

Ce sont donc les secteurs qu'il faut défossiliser en priorité.

Selon les scénarios « officiels »⁽¹⁾ visant à atteindre la neutralité carbone en 2050, il faudra diviser par un facteur cinq voire six notre consommation en gaz et liquides fossiles. Il faudra pour cela un recours accru à l'électricité pour électrifier de nouveaux usages (les transports en particulier, mais aussi les procédés industriels).

Cependant, avec une hypothèse de possibilités limitées de croissance de la production électrique, et en admettant des marges de progression faibles dans l'efficacité énergétique (à laquelle la rénovation thermique des bâtiments devrait cependant apporter une contribution essentielle) ainsi qu'une disponibilité limitée pour la biomasse (qui pourrait voir au

maximum sa contribution doubler en valeur relative⁽²⁾), l'objectif de neutralité ne pourra dès lors être atteint sans une importante réduction de la consommation énergétique (de l'ordre de 40 % dans le cadre de la SNBC⁽³⁾ actuelle). Il s'agit bien là de sobriété.

Les limites de la sobriété et de l'efficacité énergétique

Cette contraction de la consommation d'énergie ne doit pas mettre en péril l'équilibre de nos sociétés. Un apport suffisant en énergie et en ressources est en effet indispensable... indépendamment du système

⁽²⁾ Ce doublement de la contribution de la biomasse doit être entendu ici comme un doublement en valeur relative (d'environ 10 % aujourd'hui à 20 % en 2050), prenant en compte la contraction de la demande en énergie finale. Concrètement, avec une contribution de la biomasse solide (bois-énergie + déchets) restant pratiquement inchangée (passant de 125 à 130 TWh), mais avec un doublement de la production de sa partie liquide et gazeuse (en gros de 50 TWh aujourd'hui à environ 100 TWh en 2050), la contribution totale passerait ainsi de 175 TWh à 230 TWh, c'est-à-dire en pourcentage de la consommation finale actuelle, une part passant de 9,5 % à 13 %. Cette estimation est fondée sur les études de France Stratégie (<https://www.strategie.gouv.fr/publications/biomasse-agricole-ressources-potential-energetique>) et du Shift Project (<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2022/02/Note-evaluation-energie-climat-PTEF-v1.1.pdf>), qui sont beaucoup moins optimistes que d'autres scénarios, car elles prennent en compte un potentiel limité par le risque de concurrence avec des usages alimentaires des sols, par les sécheresses, les restrictions dans les usages des pesticides, etc.

⁽³⁾ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

⁽¹⁾ <https://www.cre.fr/Actualites/futurs-energetiques-2050>

économique et politique. Aucun développement, ni survie, aussi bien d'un être vivant que d'une société humaine, n'est envisageable sans apport suffisant en nourriture et en énergie. C'est la loi d'airain de la nature ! Les gains à attendre de la sobriété sont nécessairement limités et doivent être examinés à l'échelle mondiale, en prenant en compte les contraintes démographiques et le niveau de développement des sociétés. Aucun indicateur n'est parfait, mais celui de l'indice de développement humain (IDH), introduit par le programme des Nations unies pour le développement et combinant trois indicateurs relatifs à la santé et à l'espérance de vie, au niveau d'éducation et au niveau de vie, donne une indication claire du poids considérable de l'énergie dans le développement.

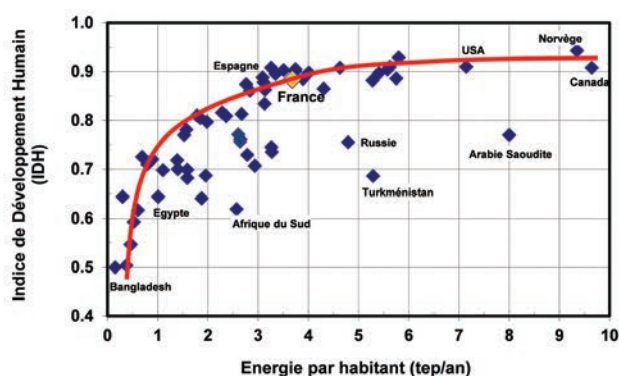


Figure 1 : Indice de développement humain en fonction de la consommation d'énergie exprimée en tep/an (1 tep = 11,63 MWh) – Source : BONHOMME G. & SAFA H. (2023), « L'impact de l'énergie sur le développement des sociétés humaines et l'économie globale », in *Reflets de la physique*, numéro spécial « Énergie » (à paraître).

Il permet également de visualiser un double aspect essentiel : non seulement un effet de saturation au-delà de 4 tep/an (soit 130 kWh/j/pers.), mais aussi l'existence d'un seuil autour de 1,5 tep/an (50 kWh/j/pers), de façon analogue à la situation d'un individu relativement à la consommation de nourriture.

Le diagramme ci-contre illustre l'inégalité flagrante dans l'accès à l'énergie. Il n'y aura ni développement ni de meilleur accès à l'éducation et aux soins, sans une forte croissance de la consommation énergétique pour plus de la moitié de l'humanité.

Si l'on ajoute les effets démographiques, il devient clair que la sobriété des plus riches ne pourra suffire, ce qui conduira inévitablement à une croissance de la consommation énergétique mondiale.

Importance du choix des priorités

La sobriété doit, pour servir l'objectif premier de réduction drastique de l'usage des combustibles fossiles, être modulée et priorisée par secteurs. Il faudrait aboutir en France à une division de la consommation de ces combustibles par un facteur cinq pour les transports et un facteur deux pour les bâtiments. Des progrès sont certes encore réalisables dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés de transformation et

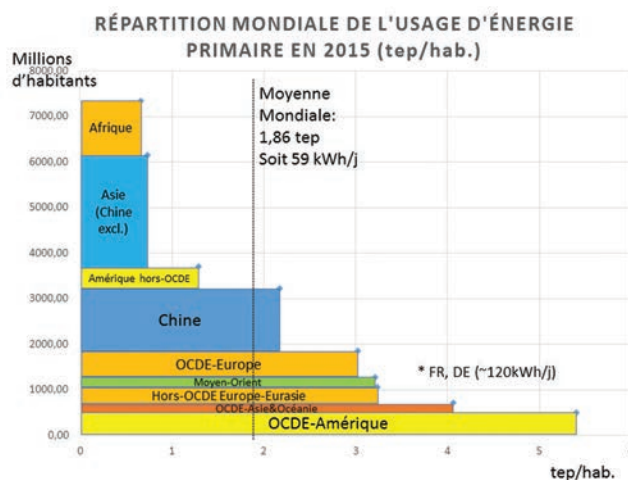


Figure 2 : Répartition régionale de la consommation annuelle d'énergie primaire par habitant exprimée en tep/hab (1 tep = 11,63 MWh) [à partir de données IEA].

dans les usages de l'énergie, de la chaleur en particulier. On devrait ainsi encourager bien davantage le développement du solaire thermique pour le chauffage des bâtiments. Il faut avoir à l'esprit que baisser fortement la consommation d'énergie finale, pratiquement constante en Europe depuis les années 1990, représente un énorme défi et que la consommation des ménages ne compte que pour environ 30 %.

Il est clair que la contribution de la sobriété... et son degré d'acceptabilité sociale dépendront essentiellement de la disponibilité en électricité bas carbone. Le scénario RTE le plus ambitieux, mais encore fondé sur l'actuelle SNBC, table sur une modeste croissance de l'électricité, combinant production des renouvelables (éolien et PV) et du nouveau nucléaire, au prix cependant d'une forte réduction de la consommation d'énergie finale. Il serait donc hautement souhaitable d'arriver à doubler la production d'électricité pour pouvoir fixer un objectif plus réaliste de limitation de la contraction de la consommation en énergie et garantir l'approvisionnement énergétique du secteur industriel.

Compter sur les seuls renouvelables est une impasse

Dans tous les cas, les EnR, seules, sont absolument incapables de maintenir un système électrique en équilibre et à un niveau de production suffisant pour être compatible avec les objectifs de neutralité carbone, et ce essentiellement pour deux raisons.

Des ressources insuffisantes en Europe...

Un exemple simple suffit à prendre la mesure du défi : l'énorme parc éolien en construction en mer du Nord (150 GW fournis par 15 000 à 20 000 turbines) produira à terme 550 TWh/an d'électricité, alors que la consommation actuelle est pour l'UE de 3 330 TWh. Utiliser cette électricité pour produire par électrolyse de l'hydrogène permettrait d'en fournir 10 Mt..., soit de l'ordre de la consommation actuelle d'hydrogène

pour les usages non énergétiques. Mais cela ne représenterait que 350 TWh de gaz combustible pour une consommation actuelle de 15 000 TWh de fossiles, dont 4 000 TWh de gaz !

Pour la France, la production totale estimée du photovoltaïque et de l'éolien récupérable est au grand maximum de l'ordre de la consommation électrique actuelle.

D'où pourrions-nous dès lors tirer les énormes quantités d'électricité requises pour faire face à l'augmentation des besoins et, en outre, produire massivement de l'hydrogène vert et des e-fuels ?

... et une gestion difficile de l'intermittence et le problème du stockage

Rendons grâce à nos amis allemands pour nous avoir offert une expérience en vraie grandeur dont les résultats sont sans appel.

Quel que soit le taux de pénétration des EnR, il faut impérativement, pour garantir l'équilibre et la stabilité du réseau électrique, maintenir un système pilotable qui soit en mesure à tout instant d'alimenter avec la puissance nécessaire à l'ensemble dudit réseau.

Quid alors du stockage⁽⁴⁾ des surplus de production des renouvelables pour gérer leur intermittence ? Aucune solution n'est à ce jour en mesure de répondre à ce problème. Ainsi l'hydrogène, tellement en vogue, sera-t-il sans doute nécessaire pour décarboner les procédés industriels, la production de chaleur et les transports, mais certainement il ne s'affirmera pas comme étant prioritairement la solution à ce problème de gestion de la variabilité. Une simple estimation d'ordre de grandeur permet de s'en convaincre : pour alimenter pendant trois jours d'hiver sans vent ni soleil

un réseau électrique français 100 % EnR, il faudrait produire environ 5 TWh d'électricité, ce qui nécessiterait de brûler dans 70 centrales de 1 GWe, 300 000 tonnes d'hydrogène, dont la production antérieure par électrolyse aurait consommé environ 17 TWh⁽⁵⁾.

Que penser alors du concept d'autoconsommation ? Un foyer français moyen consomme 4,7 MWh d'électricité par an. En se fondant sur les données de RTE, l'autonomie de ce foyer français pourrait être assurée à partir d'une puissance photovoltaïque de 3 kWc, mais à condition de pouvoir stocker 25 % de sa consommation en inter-saisonnier, soit 1,25 MWh. Ce problème est analogue à celui du dimensionnement d'un réservoir alimenté par des eaux de pluie devant permettre un arrosage régulier et autonome tout au long de l'année. En utilisant un stockage électrochimique, cela nécessiterait 50 batteries de voitures (de 50 kWh nominal avec une capacité réelle de 25 kWh).

Il ne faut donc surtout pas confondre production cumulée sur l'année qui serait égale à la consommation avec une autoconsommation véritable. Il faut toujours pouvoir compter sur un réseau et des infrastructures⁽⁶⁾.

Une production d'électricité 100 % EnR en Europe est déjà une pure chimère, et il ne faut pas en outre oublier que 50 % de nos usages énergétiques à décarboner concernent la production de chaleur.

Seul le nucléaire, sur lequel il ne faut pas uniquement compter à titre transitoire mais qui doit être considéré comme une solution d'avenir incontournable, permettra d'assurer à la fois la stabilité du réseau et la nécessaire et forte augmentation de la production de base pour décarboner nos sociétés et notre industrie... et également de réduire notre dépendance énergétique.

⁽⁴⁾ Voir FONTECAVE M. & GRAND D. (2021), « Les scénarios énergétiques à l'épreuve du stockage des énergies intermittentes », *Comptes Rendus Chimie*, tome 24 n°2, pp. 331-350 (<https://doi.org/10.5802/crchim.115>, <https://comptes-rendus.academie-sciences.fr/chimie/articles/10.5802/crchim.115/>).

⁽⁵⁾ <https://theconversation.com/debat-lhydrogene-produit-par-les-seules-renouvelables-ni-possible-ni-durable-148663>

⁽⁶⁾ BONHOMME G. (2022), « Quelle place pour les ingénieurs dans les débats sociétaux ? L'exemple de la transition énergétique », *Centrale-Énergies*, Flash 83, <http://www.centrale-energie.fr/spip/spip.php?article378>

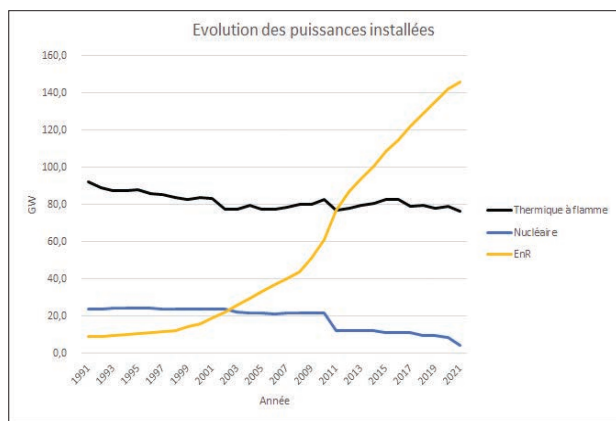


Figure 3a

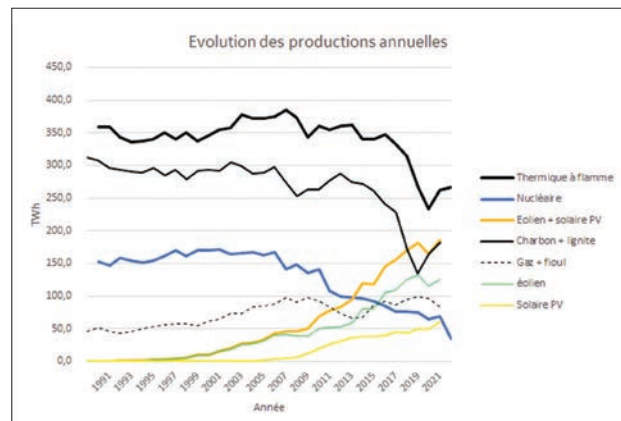


Figure 3b

Figures 3 : Évolution a) des puissances installées et b) des productions en Allemagne depuis 1990.

Observation : On constate, qu'en dépit de la forte croissance des renouvelables, la puissance totale des moyens pilotables (nucléaire et thermique à flamme (gaz, charbon et lignite)) reste quasi constante (autour de 90 GW). Une nette remontée de la production charbon/lignite (flèche rouge), couplée à la sortie du nucléaire, est observée.

Quel est alors le véritable choix pour l'avenir ?

Faudra-t-il choisir entre un tryptique renouvelables + fossiles + importations massives, ou un binôme renouvelables + nucléaire ?

La fameuse trilogie Sobriété-Efficacité-Renouvelables, qui semble s'être imposée jusqu'au sommet de la Commission européenne, au nom souvent d'arguments économiques simplistes (les coûts du renouvelable baissent...), doit impérativement être complétée par un autre item, le Nucléaire, sinon il n'y aura aucune chance de répondre de façon satisfaisante aux trois conditions posées par le trilemme du World Energy Council⁽⁷⁾ :

- la sécurité, c'est-à-dire la capacité à répondre à la demande et aux risques de rupture d'approvisionnement ;

- l'équité dans l'accès pour tous aux ressources énergétiques ;
- la durabilité, comprise comme l'impact environnemental minimal.

Il faudra naturellement beaucoup d'efforts en R&D pour conduire à la maturité industrielle les technologies et nouveaux procédés bas-carbone indispensables. C'est le cas en particulier pour le nucléaire qui ne deviendra durable qu'avec le déploiement de réacteurs de 4^e génération.

⁽⁷⁾ <https://www.worldenergy.org/>

Overseas industries and their transitions

Introduction

Hervé Mariton.

General views

Overseas industries: Constrained, but resilient Panorama of overseas industries

Aurélien Guillou & Bruno Terrien.

Despite the fact that the demography of industrial companies is less dynamic than at a national level (with fewer company start-ups and a higher proportion of business failures), industrial employment has held up well over the last ten years in the French overseas territories. The sectors employing the most people are food industry, energy and water supply, sewerage waste management and remediation activities, and metallurgy. Value added has grown at the same pace as in mainland France, but mainly due to a favorable sectoral composition effect. For a particular sector, the growth rate of value added is often lower in French overseas territories. The equipment delay partly explains this differential, which could be reduced in the near future thanks to the dynamism of bank financing for industrial sector.

Focus on the industrial development of La Reunion: Past, present, and futures

Jean-François Hoarau.

The structure of Réunion island's industry results from the long-standing collision between the colonial model of the plantation economy, based on the supremacy of the sugarcane-sugar-rum sector, and the modern one of "departmentalization", characterized by public aids, the increase in the purchasing power of the local population, and the strategy of import-substitution. In spite of a tropical insular context marked by several strong impediments, the actual industrial model of La Reunion has been a relative success for local markets, and has managed to reduce significantly the dependence to imports. Its future is promising with major perspectives to investigate, such as securing its competitiveness, promoting its internationalization or building the food and energy sovereignty in the framework of a necessarily more circular model.

Decarbonation, an opportunity for overseas France

Matthieu Bergot.

Decarbonation is a considerable challenge, and it is even more so for the French overseas territories, which face the challenges of the continent as well as those of their insular (or quasi-insular, like French

Guiana) situation. Are the overseas territories ready to face the shock of decarbonization, which is much more than a transition, but in fact a real transformation? This is doubtful. Unless new principles are established to underpin the future, which will turn this decarbonization from a dizzying and insurmountable obstacle into an opportunity.

Adapting standards overseas: The construction industry still has its back to the wall

Stéphane Brossard.

Overseas territories have specific climatic and geographical features that building standards and regulations, thought out from metropolitan France, don't take sufficiently into account, which a Senate report highlighted back in June 2017. It called for the development and dissemination of expertise on construction methods adapted to the overseas territories, facilitating certification and the supply of materials, decentralizing the production of standards for the overseas territories, facilitating innovation by reforming national validation procedures, and owing regulations penalizing the otherwise necessary creation of housing. Progress is being made, but needs to be amplified and integrated into future overseas housing plans.

Industry examples

Labelling New Caledonia's nickel to make it more competitive and sustainable?

Hugo Lapeyronie.

The recent proposal by the New Caledonian government to create a "green-and-ethical nickel" label raises questions about the opportunities for reconciling competitiveness and sustainability objectives for this industry.

In this article, we will first review the role of nickel in the energy transition before presenting the context of its production in New Caledonia in order to clarify the stakes of such a label, and also provide information for its implementation.

An ambitious energy transition in New Caledonia, the viewpoint of an energy specialist

Stefan Sontheimer.

For anyone interested in the imperatives of decarbonization and stabilizing the cost of electricity for an industry; For anyone interested in the mineral resources needed for the energy transition; and for anyone interested in structuring and innovative projects for our future: The energy transition in New Caledonia is essential and urgent.

Since 2016, this South Pacific territory has marked a turning point in its energy policy, demonstrating its desire to join the ambitions of the Paris Agreement.

The nickel mining industry, the leading local economic activity and a strategic national issue, accounts for over 75% of the island's total electricity consumption, and weighs heavily in its carbon footprint.

Let's see how, by involving all the players concerned, from the Caledonian government to the French state, from the metallurgists to the energy players, and finally from the decision-makers to the citizens, it is possible to meet the great challenge of our time.

The SLN company in New Caledonia aims to produce less carbon-intensive nickel

Nathalie Bakhache & Charles Dubois.

Société Le Nickel (SLN) is one of the world's leading producers of ferronickel, indispensable for the manufacture of stainless steels, batteries and permanent magnets, all of which are necessary for the energy transition. Nickel is recognized as a critical raw material by the European Commission. Nickel mining and production are also essential to New Caledonia, providing around 10,000 direct, indirect and induced jobs. In the face of global competition, New Caledonia has to meet two challenges: The price of electricity, and access to resources, which presupposes the acceptability of the operation to the various stakeholders, which in turn implies a reduction in its carbon footprint, both through energy savings and new sources of low-carbon energy to power it. In return, the investment required implies long-term visibility on access to the resource.

Generating and storing electricity to decarbonize island systems

Thierry Déau.

In French overseas regions, the development of the electrical network faces significant constraints, including geographical isolation and strong population growth. The deployment of the Energy Transfer Pumping Station (ETPS) in Martinique, as presented in this article, illustrates how these specific contexts enable the economic and impactful implementation of energy infrastructures, even on a small scale. This hybrid infrastructure, combining mature technology with innovative means, will contribute from 2024 onwards to addressing the numerous challenges of territorial development in Martinique, such as achieving energy independence, ensuring network stability and decarbonization, as well as fostering local agricultural economy and fire safety.

Réunion island's sugar mills at the heart of the ecological transition

Éric de Bollivier.

Réunion island's cane-sugar-rum-energy sector is at the heart of the development of an economic whole linked to agriculture, industry, energy, the environment,

and tourism. With more than 200 years of history behind it, the sector has always been able to innovate, and is today a true model of the circular economy, working in synergy with other sectors.

A world pioneer in the production of energy from sugar cane, the sugar industry has been the source of many innovations. Today, bagasse – the fibrous residue obtained after sugar extraction – is the island's leading source of renewable energy. Since 2019, molasses has also been used to make ethanol fuel, which powers the combustion turbine operating in the south of the island.

At the heart of the challenges of ecological transition, the sugar industry is pursuing its research to increase the corresponding sector's share of renewable energy production. Future technical advances will also have to guarantee the quality of the sugar and co-products that are essential to the other sectors, and thus enable the industry to maintain its essential role in achieving the region's objectives in terms of ecological transition.

The production of agricultural rum in Martinique: Zero waste and carbon neutrality as a goal

Emmanuel Bécheau, Fanny Pougeoise & Leïla Pueyo.

The Fonds-Préville Distillery in Martinique has become one of the best known and most productive distilleries in its sector: agricultural rum. After ten years of developing and modernizing the production tools, the distillery had to face a progressive increase in its waste, now called "co-products". As a result of on-site studies, either in-house or with research organizations, such as INRAE, all the distillery's co-products are nowadays reused. One part is used in the industrial process (bagasse); another part is used for irrigation (vinasse), and the last part is used to improve the sugarcane fields (compost). The environmental aspect is one of the distillery's main concerns, and it is constantly seeking to be more virtuous. The carbon assessment that was carried out by the distillery in April 2023 will be providing new ways to perfect its ecological convictions.

Decarbonization, history, and prospects of SWAC (Sea Water Air Conditioning)

Richard H. Bayley & Franck Lucas.

Following a conversation on the island of Tetiaora between Richard H. Bailey and Marlon Brando, seawater air conditioning was tested on the island of Bora Bora, proving necessary for the island's tourism development, and economically viable in view of local electricity prices, while drastically reducing carbon emissions compared with conventional air conditioning processes (direct expansion systems or centralized chillers). The return on investment for this experiment is estimated at between five and seven years. The process could be extended to other cases. It is of particular interest in a context where the International Energy Agency estimates that global electricity consumption linked to air-conditioning will triple by 2050, and the search for efficiency is a high priority.

Flexibility of the transformation tool, an imperative for a successful industrial project in Polynesia

Bruno Bellanger.

French Polynesia, an autonomous French territory of 300,000 inhabitants isolated in the middle of the Pacific Ocean, must succeed, in the near future, both challenges of reducing its dependence on imports and of creating the jobs that will finance its social policy. To do this, producers must equip themselves with processing equipments that will allow them to produce a greater part of their consumption without weighing on purchasing power. This challenge involves that producers equip themselves with tools that will allow them to remain profitable while offering prices equivalent to those of competing imported products. To meet this challenge, finding processing tools capable of producing a wide range of products is the key for success; the size and production capacity of the classic tools usually offered by manufacturers remaining oversized in relation to the needs of the Polynesian market. The flexibility of the processing tool will then be the key to the success of their project.

France-Antilles, from a reality in crisis to the digital industrial revolution in overseas France

Claude Perrier & Nicolas François.

2023, the print media has been affected by an international crisis. This phenomenon, which impacts traditional newspapers but also printed magazines, is the result of a number of complex, multidimensional factors. It's a fact: Without a strategic leap by press groups, the paper format will tend to disappear, particularly overseas.

Following an unequivocal study, Claude Perrier, Managing Director of Antilles Guyane Press Group, embarked on the adventure of 100% digital printing, of green industry, and the revival of the paper press in the West Indies Islands. A positive result with international influence from the very first year, by winning the Prize for technical innovation of the press in 2022.

The decarbonization of the Guyanese port area from the recovery of sargassum

Philippe Lemoine.

The Grand Port Maritime of Guyane (GPM Guyane), a public company, was created in 2013 to manage the port facilities of Dégrad des Cannes in the municipality of Rémire Montjoly, and Pariacabo in the municipality of Kourou.

The objective of GPM Guyane is to support the economic development of Guyane by facilitating imports and exports, and to make its port facilities available to any industrial activity requiring trade by sea, in a global context of energetic and ecological transition.

Based on the observation of a need for fertilizers for Guyanese agriculture and the need to decarbonize the port platform, GPM Guyane has launched research on the possibility of harvesting sargassum offshore, before it goes aground on the coasts of the Caribbean arc, to extract both fertilizer and energy.

These transformations require the production of green electrons from sargassum methanization, photovoltaic solar panels, and osmotic energy.

National or global contributions from French overseas territories

Guiana's space industry faces the challenges of the energy transition

Philippe Baptiste, Jean-Marc Astorg, Marie-Anne Clair, Laurence Monnoyer-Smith & Pascal Noir.

The Guiana Space Center (CSG) in Kourou, French Guiana, has been at the heart of the French and European space adventure since its inception in the 1970s. The CSG has been the launch pad for Ariane rockets since 1979, as well as for the smaller Vega launcher since 2012. Ariane 6, the latest launcher to emerge from the sector, will soon replace Ariane 5, which has enabled Arianespace to be the world leader in the launch services market for over twenty years. Against a backdrop of fierce competition from SpaceX, CSG is embarking on an in-depth modernization phase, to both reduce launch costs and achieve its energy transition. This article reviews the major milestones in the development of the CSG and European launchers, presents the challenges of the site's energy transition, and then describes a few concrete projects currently in the implementation phase (new electrical distribution loop, photovoltaic power plants, biomass power plants and green hydrogen production unit).

Innovation and the acceleration of start-ups in overseas France, a real lever for economic and social development

ZEBOX Caraïbes.

Despite specific obstacles, the development of the start-up ecosystem in the French overseas territories appears dynamic and promising, so much so that it can be seen as a real lever for wealth creation in these territories. In line with the actions undertaken by public authorities and associations, major groups have a role to play in supporting local entrepreneurs in their projects, and in helping to structure an environment that is favorable to innovation. ZEBOX, the international network of start-up incubators run by the CMA CGM Group, a global player in transport and logistics solutions, has included premises in Guadeloupe since 2022, currently hosting around ten start-ups in various strategic fields. In a complementary move, the Phare, the CMA CGM Foundation's social incubator, has also extended its action to the West Indies.

French diversity in video games, the soft power of overseas France

Giovanni Celeste.

The video game industry is an opportunity for France's overseas departments and regions. However, it remains little-known by the general public in France, and suffers from a lack of awareness on the part of institutional

players. The aim of this article is to provide a new perspective on the video game industry, in a global context where we need to take up these issues in order to enhance our heritage and respond to socio-economic challenges, but also in the context of a crisis that is forcing us to rethink our approach to environmental issues.

Overseas entrepreneurship and business-making: The quest for meaning

Jérôme Isautier.

Through a brief economic history of Réunion island and the Isautier Group, this article explores the driving forces and prospects of overseas entrepreneurship. The specific situation of these French and European islands, both geographically and administratively, determines their constraints and opportunities, and necessarily their potential for economic and human development. Whether viewed from Paris or Saint-Denis, perceptions, motivations, and expectations regarding the relationship between the “mother country” and its overseas department are bound to differ. It’s reasonable to assume that each side is striving for the best for itself. The question arises as to the convergence of interests and the role of entrepreneurs in these

macro-economic considerations. Echoing society’s questions of the moment, what if the subject could be summed up as a “quest for common sense”?

Miscellany

Breaking the addiction to fossil fuels: A necessity, but what a challenge!

Gérard Bonhomme.

Achieving carbon neutrality by 2050 will require a drastic reduction in our consumption of fossil fuels, which today represent our main source of energy. The electrification of new uses, combined with the deployment of low-carbon electricity sources, as well as the reduction of consumption through gains in energy efficiency and the implementation of sobriety measures are the levers envisaged in the various scenarios. But given the enormity of the challenge and its global dimensions, and the essential role of energy in the economy, an objective and lucid examination of the constraints and physical limits is essential. In this article, we explain why renewable sources alone will not suffice, and why recourse to nuclear power is absolutely essential.

Issue editor: **Hervé Mariton**

Ont contribué à ce numéro



D.R.

Jean-Marc ASTORG, après avoir été diplômé de l'École Centrale des Arts et Manufactures en 1985, a rejoint la direction des lanceurs du CNES pour travailler sur le projet d'avion spatial HERMES.

Il occupe différents postes à responsabilités dans le domaine des lanceurs européens alternativement

dans des fonctions de préparation du futur et de développement. Il anime notamment de 1991 à 1998 les études qui conduiront aux décisions de programme de la nouvelle version Ariane 5ECA et du petit lanceur VEGA.

En 1998, il devient chef de projet du développement du nouvel étage supérieur ESC-A de Ariane 5, et conduit ce développement jusqu'à sa qualification.

En 2003, il est nommé chef de projet Soyouz en Guyane, projet qu'il dirigera depuis son montage technique et financier en 2003 jusqu'à son aboutissement avec la réussite du premier lancement en octobre 2011.

En novembre 2011, il est nommé directeur des achats, recettes externes et affaires juridiques du CNES. Il est aussi le directeur du CNES en charge de la propriété intellectuelle.

En 2015, il est nommé directeur des lanceurs du CNES, dirige une équipe de 300 ingénieurs en charge du soutien du CNES à l'exploitation de Ariane 5, de la construction du pas de tir de Ariane 6, et de la préparation des futurs lanceurs à travers des démonstrateurs comme Prometheus, Callisto et Themis.

En 2022, Jean-Marc Astorg est nommé directeur de la stratégie du CNES en charge de la préparation du futur, de proposer la programmation englobant toutes les thématiques du CNES, et de conduire une profonde transformation de l'environnement du CNES et de de l'écosystème en redéfinissant les modes d'intervention du Centre national d'études Spatiales.

Jean-Marc ASTORG est chevalier de l'ordre national du Mérite, et membre de l'International Academy of Astronautics (IAA) et de l'Académie de l'Air et de l'Espace (AAE).

Nathalie BAKHACHE est secrétaire générale de la Société Le Nickel (SLN) à Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Richard H. BAILEY est président de Pacific Beachcomber (PBSC).



D.R.

Philippe BAPTISTE,

né en 1972, est docteur de l'Université de Technologie de Compiègne et ingénieur civil des Mines de Nancy. Il détient également un MSc de l'Université de Strathclyde à Glasgow, un DEA de Sorbonne Université et une habilitation à diriger des recherches.

Scientifique venant du numérique, Philippe Baptiste est un spécialiste d'algorithmique, d'optimisation combinatoire, de recherche opérationnelle et d'intelligence artificielle. Il a mené une carrière académique comme chercheur au CNRS (1999), au Watson Research Center d'IBM (2000-2001), et comme professeur chargé de cours à l'École polytechnique (2002-2012). Il est l'auteur de plusieurs ouvrages et d'environ 150 publications et communications scientifiques. Il a dirigé le laboratoire d'informatique de l'École polytechnique, créé l'Institut des sciences de l'information et de leurs interactions avant de devenir en 2014 directeur général délégué du CNRS, l'un des premiers partenaires du CNES. Il a aussi siégé au CA de l'Inria.

Tout en menant une carrière académique, Philippe Baptiste a aussi participé à la création et au développement de plusieurs *start-up*, et mené de nombreuses collaborations avec des industriels du numérique, de l'aéronautique et de la défense. Il a été directeur scientifique puis CTO du groupe Total (2016-2017), et *Partner and Director* au sein du Boston Consulting Group (2020).

De mai 2017 à avril 2019, il a été le directeur de cabinet de Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, puis, en novembre 2019, conseiller du Premier ministre Édouard Philippe. Il a suivi tout au long de cette période la politique spatiale.



D.R.

Emmanuel BÉCHEAU, bordelais d'origine, travaille comme commercial dans diverses sociétés viti-vinicoles dès la fin de ses études en 1986.

Suivant sa femme en 1997 en Martinique dont elle est originaire, il est très vite recruté en tant que responsable commercial et administratif pour la société Héritiers

Crassous de Médeuil, connue pour son rhum : le Rhum JM.

En 2002, la société est rachetée par GBH (Groupe Bernard Hayot). Emmanuel Bécheau est alors envoyé pour gérer la production d'une autre distillerie du groupe présente en Martinique : Héritiers H. Clément, qui produit le célèbre rhum Clément.

Après dix années passées loin de sa distillerie de cœur, il prend la gestion de Héritiers Crassous de Médeuil (Distillerie de Fonds-Préville) et devient directeur général. Chargé du développement et de la mise aux normes de cette distillerie, il poursuit l'objectif que l'on lui a confié d'augmenter le niveau de production de 5 000 HI à 20 000 HI (de 2012 à 2018) dans le respect des normes environnementales et des normes de sécurité. Cet objectif ayant été atteint, il est maintenant question de doubler la production.



D.R.

Aujourd'hui responsable QHSE-RSE de la Distillerie de Fonds-Préville,

Fanny POUGEOISE

(photo : au milieu) est, elle aussi, d'origine bordelaise. Elle est diplômée de l'École Nationale Supérieure des Sciences Agronomiques de Bordeaux depuis septembre 2021 en tant qu'ingénieure

agronome. Spécialisée en management QHSE-RSE des filières agroalimentaires, elle a commencé ses fonctions au sein de la distillerie en décembre 2021.

Stagiaire à la Distillerie de Fonds-Préville depuis janvier 2023, **Leïla PUEYO** (photo : à droite) est actuellement en école d'ingénieur agronome à Montpellier.



D.R.

Bruno BELLANGER,

ingénieur diplômé de l'École Nationale Supérieure des Arts et Industrie de Strasbourg 1, travaille dans le plus important groupe industriel de Polynésie française (Groupe Brasserie de Tahiti) depuis 1988.

Fortement impliqué dans la vie économique de la Polynésie au travers de multiples mandats de représentation.

Il a été membre du Conseil Économique Social et Culturel, président du Medef, plusieurs mandats de président du Syndicat des industriels de

Polynésie française, représentant de l'industrie au Comité Consultatif d'Agence de l'Institut d'Émission d'Outre-Mer, administrateur de la SOFIDEP (banque de développement), de l'Université du Pacifique Sud...



D.R.

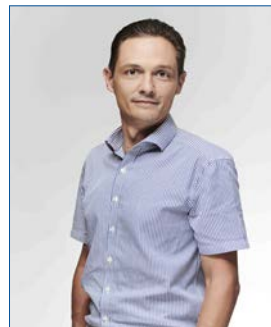
Matthieu BERGOT

est né en 1969. Il a fondé Tabga en 2020, et développe une activité de conseil en stratégie de décarbonation, principalement pour des entreprises basées dans les outre-mer. Il intervient par ailleurs à Sciences-Po à Lille (master « Management Responsable des Entreprises/RSE : Enjeux environnementaux et Stratégie climatique »).

Son engagement dans les outre-mer inclut des missions : en Polynésie Française (1990) comme officier dans la Marine nationale ; en Martinique, Guadeloupe et Guyane (2010-2017), Cuba et Haïti comme délégué général Apprentis d'Auteuil Caraïbe-Guyane ; en Martinique, comme fondateur et dirigeant (2017-2020) de l'ICEA (université privée).

Depuis 2020 il est intervenu à nouveau en Guyane et en Martinique, ainsi qu'à Mayotte. Depuis 2022, il est membre du *think tank* de la FEDOM.

Il est diplômé de l'École polytechnique (89) et de Telecom Paris, qui ont marqué les quinze premières années de sa carrière en marketing, développement, conseil et innovation dans les télécoms et les nouvelles technologies.



D.R.

Éric de BOLLIVIER,

né le 21 août 1980, est diplômé de l'École Centrale Marseille.

Il a commencé sa carrière en tant qu'ingénieur d'exploitation à La Réunion, dans une des installations de production d'électricité en cogénération du Groupe ALBIOMA. De 2009 à 2019, il y occupe différents postes dont celui

du directeur général de la Compagnie Thermique de Bois-Rouge, puis celui de directeur de la zone Réunion-Mayotte.

En 2019, il rejoint Tereos Océan Indien en qualité de directeur industriel. Il se voit confier la responsabilité des outils industriels de la Coopérative à la Réunion, de la production des sucres jusqu'aux activités de stockage et conditionnement.



D.R.

Gérard BONHOMME

est Professeur émérite de l'Université de Lorraine, Institut Jean Lamour, UMR 7198 CNRS-Université de Lorraine.

Président de la Commission Énergie & Environnement de la Société Française de Physique.

Il est ingénieur de l'École Centrale de Nantes, docteur en physique des plasmas et

docteur ès sciences.

Au cours de sa carrière universitaire, il a effectué des recherches en physique des plasmas, essentiellement dans le domaine de l'étude des instabilités et de la turbulence, avec une centaine d'articles publiés ; il a contribué à la création et à la gestion de structures et projets de recherche et de formation au niveau national et international (Erasmus Mundus notamment), dans le domaine de la fusion magnétique, en lien avec le projet ITER.

Il est actuellement Professeur émérite à l'Institut Jean Lamour à l'Université de Lorraine, très engagé dans la réflexion sur les thèmes liés à l'énergie, notamment en tant que président de la Commission Énergie & Environnement de la Société Française de Physique, et membre de l'Energy Group de la European Physical Society.



D.R.

Stéphane BROSSARD

est ingénieur Centrale Nantes promo 1994.

Il a été ingénieur BET CMOI de 1955 à 2000, directeur commercial CMOI de 2000 à 2005, directeur général CMOI de 2006 à 2012, directeur agence Eiffage Réunion de 2012 à 2015, directeur patrimoine CBO territoria de 2016 à 2020.

Il est président Argos Habitat et Argos Industrie depuis 2021.

Il a présidé aussi plusieurs associations (FRBTP / ACERBAT).

Et il a d'autres mandats d'administrateurs (SHLMR / UBP / ADIL / CAUE).

Giovanni CELESTE

est le fondateur de la société Dodorassik Games, studio de jeu vidéo indépendant qui concentre ses projets sur l'impact du jeu vidéo sur les enjeux de société tels que l'éducation, le développement durable ou encore l'inclusion.

À titre bénévole, il s'implique aussi dans le développement du territoire réunionnais. Il est membre du conseil d'administration de Digital Réunion, association des entreprises du numérique à La Réunion,

où il préside la commission Jeu Vidéo & ICC. Il est aussi membre du conseil d'administration du Collectif Bouftang, association régionale des professionnels du jeu vidéo ; du bureau de l'association Webcup, qui œuvre contre la fracture numérique et anime le territoire avec des actions en faveur de l'entrepreneuriat et du numérique ; et de l'International Game Developer Association : Climate Change.

Il intervient ponctuellement en tant que formateur sur les sujets du *mindset* entrepreneurial ; le jeu et l'impact sociétal ; l'accompagnement des personnes éloignées de l'emploi ; mais aussi parfois des sujets techniques comme le code ou le graphisme.



D.R.

Marie-Anne CLAIR

a entièrement consacré son parcours professionnel à l'espace au sein du CNES depuis 1983, en touchant à de nombreuses thématiques, depuis les bureaux d'études jusqu'à des postes de direction en passant par des responsabilités de cheffe de projets.

Elle a été très impliquée

dans de nombreuses missions scientifiques, notamment l'observatoire de rayonnement gamma Integral, a assumé la responsabilité de la filière Myriade, un des premiers partenariat public-privé dans le domaine du spatial français et première filière française de micro-satellites qui a vu la réalisation de près de 20 exemplaires. Elle a été en charge des activités ballons stratosphériques, et a participé à la construction du dossier Ariane 6 en 2014.

Elle a créé et dirigé la direction des systèmes orbitaux du CNES de 2017 à 2019. Pendant ces années se sont concrétisées, en collaboration avec l'industrie et les laboratoires scientifiques, les missions phare d'exploration martienne, SEIS sismomètre ultra-sensible et Supercam, instrument principal du rover Persévérance qui s'est posé sur Mars le 18 février 2021. Sous sa direction, deux initiatives majeures de partenariat public-privé ont vu le jour : avec Airbus Defense and Space, la constellation CO3D, qui a pour mission une modélisation globale de la surface de la Terre en trois dimensions ; et avec Hemeria, le nano-satellite Angels, brique de base de la constellation d'IOT Kineis qui portera la mission Argos.

Elle est depuis novembre 2019 directrice du Centre Spatial Guyanais.

Distinctions :

Elle a été nommée en 2022 membre de l'International Academy of Astronautics et correspondante de l'Académie de l'Air et de l'Espace ; en 2020, officier de la Légion d'honneur ; en 2007, chevalier de la Légion d'honneur, en 2005, Médaille d'argent de l'Académie de l'Air et de l'Espace et en 2002, chevalier de l'ordre national du Mérite.



D.R.

Thierry DÉAU

est président-directeur général de Meridiam. Il a fondé Meridiam, une société d'investissement à mission (B Corp), spécialisée dans le développement, le financement à long terme et la gestion de projets d'infrastructures durables, en 2005, avec la conviction que l'alignement des intérêts des secteurs

public et privé peut apporter des solutions aux besoins essentiels de la collectivité. Avec plus de 20 milliards de dollars d'actifs sous gestion, l'entreprise compte à ce jour plus de 120 projets en développement, en construction ou en exploitation.

Avant de rejoindre Meridiam, il a travaillé à la Caisse des Dépôts et Consignations, où il a occupé plusieurs postes au sein de sa filiale d'ingénierie et de développement Egis Projects : chef de projet, puis directeur des projets de concession, jusqu'à sa nomination au poste de directeur général en 2001.

Il est actuellement membre du conseil d'administration de la Fondation des Ponts ; membre du comité d'investissement du Fonds Européen d'Investissement Stratégique (FEIS) ; président de Archery for Inclusive Leadership ; fondateur de la fondation Africa Infrastructure Fellowship Program Foundation (AIFP Foundation) ; membre fondateur du Partenariat pour l'investissement et le développement durable (SDIP) du World Economic Forum ; membre du Sustainable Markets Council pour le Commonwealth du Prince de Galles ; président d'honneur de la Long Term Infrastructure Association (LTIA) ; et président de la Fondation Archery, qui soutient les jeunes talents issus de milieux défavorisés en France dans leur développement personnel et professionnel.

Thierry Déau est diplômé de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Charles DUBOIS

est directeur technique, stratégie et excellence opérationnelle de Société Le Nickel (SLN).

Nicolas FRANÇOIS

début sa carrière dans le secteur de l'événementiel en 2006 où il gère à 360 degrés des événements d'envergure nationale et internationale. En 2018, il est appelé par le cabinet du maire de Nice, et refondera l'équipe organisationnelle du célèbre Carnaval, enregistrant dès la première année les meilleurs chiffres en 135 éditions. En 2020, il est appelé par le Groupe Presse Antilles Guyane et découvrira le monde du média papier. Il deviendra le directeur de production et des sites un an après, et réussira le pari d'installer deux lignes de production numériques qui permettront au quotidien d'être le premier journal au monde à être imprimé entièrement sur cette technologie. Il devient maître d'œuvre des projets, construit et réhabilite les bâtiments spécifiques à l'accueil des machines industrielles. Le projet en Martinique remportera en 2022 le prix de l'innovation technique de la presse, décerné par le salon de la Presse au Futur de Paris ; le projet Guadeloupe sortira à peine sept mois plus tard.

Aurélien GUILLOU

est économiste-statisticien à l'IEDOM et à l'IEOM, à Paris, depuis septembre 2018. Il participe notamment au suivi de la conjoncture économique de l'ensemble des territoires d'outre-mer, et à la rédaction de notes et rapports économiques. Titulaire d'un master en économie du développement, il a occupé un poste de chargé d'études au sein de l'agence IEOM de Wallis-et-Futuna, avant de rejoindre en 2016 le service économique régional de l'Ambassade de France à New Delhi, où il était chargé du suivi de la situation économique et financière en Inde et dans l'ensemble de la région d'Asie du Sud.



D.R.

Jean-François HOARAU

est professeur de sciences économiques à l'Université de La Réunion, et membre du Centre d'Économie et de Management de l'Océan Indien (CEMOI). Il est spécialisé en macro-économie internationale et du développement. Ses travaux, tournés vers l'empirisme et l'économétrie appliquée, accordent un intérêt particu-

lier aux petites économies insulaires, dont les territoires ultramarins français. Son expertise s'est notamment portée sur les aspects du tourisme, de vulnérabilité, de résilience, de convergence, et plus généralement de développement soutenable en contexte insulaire. Il participe régulièrement à des conférences internationales, et publie de manière significative dans les revues académiques à comité de lecture reconnues dans ses domaines d'expertise. Il est occasionnellement sollicité par des organismes, tels que le CESE (Conseil économique, social et environnemental), l'IRT (Île de la Réunion Tourisme), le CNFPT (Centre national de la fonction publique territoriale), ou encore la CNEPEOM (Commission nationale d'évaluation des politiques publiques outre-mer), pour offrir son éclairage sur les économies ultramarines françaises.



D.R.

Fils de Yves Isautier, commerçant, et de Maryvonne Boyer de la Giroday, pharmacienne, **Jérôme ISAUTIER** est né le 14 août 1966 à Chatou (78). Marié à Christine Rosely et père de trois enfants, Val, Romane et Eloïse, il fait partie de la 7^e génération de la famille Isautier arrivée à La Réunion en 1842.

Après des études secondaires à La Réunion, il s'oriente vers un cursus commercial et obtient son diplôme d'études supérieures commerciales et administratives (DESCAF) à Kedge Marseille en 1990. Fidèle à la tradition familiale, il poursuit une carrière dans l'industrie, en tant que Volontaire à l'aide technique (VAT) au sein de l'Association pour le développement industriel de la Réunion (ADIR), puis rejoint le groupe familial dont il gravira les échelons jusqu'au poste de PDG qu'il occupe aujourd'hui.

Jérôme Isautier est également très impliqué dans le développement économique de La Réunion. Il est vice-président de l'ADIR dont il a été président de 2011 à 2016, président de la commission économie de la Fédération des entreprises d'outre-mer (FEDOM), donateur et administrateur du Comité Alizé, qui attribue des prêts d'honneur aux porteurs de projets, et actionnaire et administrateur du fonds d'investissement Entrepreneurs 974, dédié à la croissance des entreprises réunionnaises.



D.R.

Hugo LAPEYRONIE

est chargé de recherche au sein du département Diagnostics économiques et politiques publiques de l'Agence française de développement qu'il a rejoint en 2020. Diplômé d'un master 2 en économie internationale, il prépare un doctorat en économie du développement durable au

sein du Centre d'économie de la Sorbonne (CES) de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Ses travaux portent sur les nouveaux enjeux de développement durable associés à la demande croissante des minerais nécessaires à la transition énergétique.

Philippe LEMOINE,

66 ans, est ingénieur des travaux publics de l'État de formation. Il a exercé en tant que fonctionnaire dans l'administration des Transports, tant à des postes de terrain (en Corse, en métropole et en outre-mer) qu'à des postes d'administration centrale. Puis il a occupé les fonctions de directeur d'un département portuaire à l'étranger dans une société d'ingénierie française. Il est aujourd'hui président du directoire et directeur général du Grand Port Maritime de la Guyane.

Il a ainsi une expérience professionnelle de plus de quarante ans, au travers d'un parcours qui lui a permis d'appréhender la gestion de projets à la fois au sein de l'administration française tant à des niveaux régionaux, y compris en outre-mer, qu'à des niveaux ministériels, et d'un bureau d'études dédié à l'international.

Son expérience est principalement orientée vers la planification et les études d'infrastructures de transport et de support d'activités économiques, tout en maîtrisant l'ensemble des volets institutionnels, socio-économiques, techniques et environnementaux. Il a mené de nombreuses missions concernant le développement d'infrastructures et de services de transports maritimes, fluviaux et portuaires, tant en France qu'à l'étranger.

Son intervention dans le domaine du conseil tant auprès d'opérateurs privés que d'autorités publiques de gestion lui confère une vision globale des partenariats public-privé. La prise en compte des enjeux liés à la préservation de l'environnement et au développement socio-économique, dans le cadre de la transition énergétique et écologique, est un défi quotidien pour ce gestionnaire d'infrastructures.

Franck LUCAS

est maître de conférences à l'Université de la Polynésie française.

Hervé MARITON

est président de la Fédération des entreprises des outre-mer (Fedom). Ingénieur général honoraire du corps des Mines, il est membre associé du Conseil général de l'économie (CGE).

Ancien élève de l'École polytechnique, diplômé de l'IEP de Paris et titulaire d'un DEA de gestion de Paris-Dauphine, Hervé Mariton a été ministre de l'Outre-mer en 2007, député de la Drôme entre 1993 et 2017 (auteur de plusieurs rapports pour la commission des finances sur les transports et l'énergie) et est, depuis 1995, maire de Crest.

Hervé Mariton est membre du comité de rédaction de la revue *Commentaire* et de la série *Réalités industrielles* des Annales des Mines.



D.R.

Laurence MONNOYER-SMITH

est directrice du développement durable au CNES. Elle pilote le programme d'Observatoire Spatial du Climat, lancé par le président de la République Emmanuel Macron au Salon du Bourget en juin 2019, qui rassemble 36 agences spatiales et organisations internationales.

Elle est également en charge de la politique RSE du CNES, dont elle vient d'élaborer la stratégie.

Titulaire d'un doctorat en sciences de l'information et de la communication et d'une habilitation à diriger des recherches, elle a dirigé le laboratoire de sciences humaines et sociales de l'Université de Technologie de Compiègne où elle a été Professeure, et a dirigé des thèses sur la démocratie électronique, les dispositifs électroniques de médiation citoyenne, les données publiques, et le développement de la culture numérique et des nouvelles formes de citoyenneté.

En 2013, elle devient vice-présidente de la Commission nationale du débat public, et contribue activement à développer des outils de démocratie représentative et participative. Première femme et première universitaire à ce poste, elle consacre deux ans à la modernisation des méthodologies employées par la CNDP, conçoit le dispositif de conférence de citoyens sur les déchets radioactifs à Bure, et préside le débat public sur les éoliennes *offshores* du Tréport.

Laurence Monnoyer-Smith est nommée en mai 2015 en Conseil des ministres, déléguée interministérielle et commissaire générale au Développement durable au Commissariat général au Développement durable, au sein du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. À ce titre, elle porte notamment la réforme de l'évaluation environnementale et de la participation citoyenne après le drame de Sivens, et contribue au lancement de la première obligation verte française. Au titre de déléguée interministérielle, elle conduit l'élaboration de la feuille de route française pour la mise en œuvre de l'agenda 2030 du développement durable. Laurence Monnoyer-Smith est chevalier de la Légion d'honneur.



D.R.

Pascal NOIR

est diplômé de l'INSA Lyon option génie mécanique construction, promotion 1987. Il est rentré à la direction des lanceurs du CNES fin 1987 en tant qu'ingénieur études et développement au sein du département propulsion liquide.

Il était alors responsable du développement des équipements propulsifs de l'EPC de Ariane 5 puis du système de commande et de pressurisation de cet étage, incluant notamment le développement du Sous-Système Hélium Liquide.

De 1994 à 1996, il a participé en tant qu'autorité de conception aux essais d'étage EPC en Guyane. Fin 1997, il a été en charge du Système Correcteur de Roulis permettant de corriger l'anomalie rencontrée sur le vol 502.

En 1998, il a pris la responsabilité technique de l'ingénierie fonctionnelle de l'EPC pour les évolutions de Ariane 5 soit essentiellement le lanceur A5ECA. Après l'échec du vol A5ECA 517 le 11 décembre 2002, il a été impliqué dans le processus de qualification qui a permis le retour en vol d'A5ECA le 12 février 2005.

En 2005, il est devenu chef de projet de l'EPC, puis chef de projet lanceur à partir de 2006 pour plusieurs missions stratégiques ou institutionnelles. Il s'agissait notamment du lanceur Ariane 5GS, qui a permis de valider la faisabilité du rallumage du deuxième étage en vol au profit de l'ATV, et de lancer le satellite institutionnel Hélios en 2009. Cette fonction couvrait également la qualification du lanceur A5ES qui a lancé les cinq missions ATV et une partie de la constellation Galileo en alternance avec Soyouz.

À ce titre il a été en charge du dossier démontrant la faisabilité technique et programmatique du lancement de Galileo sur Ariane 5.

En 2012, il a poursuivi ses activités dans le cadre de l'équipe intégrée ESA / CNES jusqu'à la qualification du lanceur Ariane 5ES Galileo en 2015.

En 2016, il a rejoint la sous-direction projets futurs du CNES, avec la responsabilité de chef de projet R&T Système Lanceur et Environnement. Dans ce cadre, il a notamment été en charge de la définition de la *roadmap* écoconception / environnement, qui a proposé le projet de production de biométhane en Guyane BIFROST.

Claude PERRIER

est un dirigeant d'entreprise français. En 1998, il rejoint RFO. Puis de 1999 à 2013, il rejoint la direction de Radio France. En juin 2013, il est nommé directeur de France Bleu. Le 10 juin 2014, il quitte la direction de France Bleu et le groupe Radio France. Il sera nommé quelques mois plus tard à la direction de la publication du journal *La Provence* et de sa régie, et le 20 février 2015, il est nommé PDG du journal marseillais. Il démissionne de son poste de PDG du groupe *La Provence* le 2 mai 2017. Il intègre en octobre 2017 le cabinet de Christian Estrosi en tant que conseiller

spécial chargé de la stratégie, des relations publiques et des médias. Après trois années passées à la Ville de Nice et à la Métropole NCA, Claude Perrier prendra le 1^{er} septembre 2020 la direction générale du journal *France-Antilles*, où il modifiera totalement la stratégie commerciale et industrielle, notamment en installant deux imprimeries numériques de dernière génération en Martinique et Guadeloupe.



D.R.

Stefan SONTHEIMER

connaît bien les enjeux énergétiques calédoniens. Il a noué un lien particulier avec ce territoire depuis qu'il y a effectué son service national en 2000. Il a ensuite rejoint le « petit » monde du renouvelable français en intégrant la société Aérowatt à Orléans en 2004. C'est en travaillant sur des projets éoliens qu'il a

commencé à œuvrer pour le développement de la filière renouvelable calédonienne, ce qu'il n'a jamais totalement cessé de faire depuis. En 2018, il retourne sur l'île et devient directeur de TotalEnergies Renouvelables Pacific, avec pour ambition de participer à la transition énergétique des usines métallurgiques. Un enjeu de taille puisque l'industrie des mines de nickel est électro-intensive, et importe l'essentiel de son énergie.

Bruno TERRIEN

est économiste-statisticien à l'Institut d'émission des départements d'outre-mer (IEDOM), chargé d'assurer la continuité territoriale des missions de banque centrale dans les départements et collectivités d'outre-mer dont la monnaie est l'euro et à l'Institut d'émission d'outre-mer (IEOM), banque centrale des collectivités françaises du Pacifique.

Titulaire d'un doctorat en économie, il a occupé plusieurs fonctions à la Banque de France, notamment à la Direction de la balance des paiements (dans le domaine de la collecte, de l'analyse et de la diffusion des statistiques d'investissements directs) ou au service Études de la région Centre-Val de Loire (exploitation des enquêtes régionales de conjoncture).

À l'IEDOM et à l'IEOM, il participe notamment aux études sur les entreprises ultramarines (délais de paiement, situation financière, défaillances).

ZEBOX Caraïbes,

hub caribéen de ZEBOX, réseau d'incubateurs de *start-up* du Groupe CMA CGM fondé en 2018 par Rodolphe SAADÉ, accompagne les porteurs de projets locaux pour les aider à explorer ce marché au grand potentiel et à s'étendre au-delà. ZEBOX Caraïbes propose aux entrepreneurs de toute la région un programme d'accompagnement dispensé pendant une durée de douze à dix-huit mois. Ce programme s'adresse aux entrepreneurs développant un projet porteur d'innovations technologiques dans les domaines de la *supply chain*, de la logistique, des mobilités ou de l'industrie 4.0.