RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Projet MODESTE : Une mobilité décarbonée pour un système territorialisé

OUTIL D'ANALYSE EXPERT ET VISUALISATION

EXPERTISES

Août 2021

eifer
European Institute for Energy Research by EDF and KIT

ESPACE

PORT CAMARGUE au Grau du Roi

REMERCIEMENTS

Citer les membres du Comité de pilotage et/ou du comité de suivi ou de relecture et/ou du consortium de recherche.

Merci aux membres du Comité de pilotage, Ariane Rozo (ADEME) et Stéphane Barbusse (ADEME), ainsi qu'aux partenaires du projet, CNRS UMR ESPACE et Port Camargue Régie Auto Port Plaisance, pour les échanges constructifs qui ont alimenté cette étude.

Ni les auteurs, ni les partenaires du prêt ni l'ADEME ne pourront être tenu responsable, au titre d'une action en responsabilité contractuelle, en responsabilité délictuelle ou de toute autre action, de tout dommage direct ou indirect, ou de quelque nature qu'il soit, ou de tout préjudice, notamment, de nature financière ou commerciale, résultant de l'utilisation d'une quelconque information contenue dans ce document.
Les données et informations contenues dans ce document sont fournies "en l'état" sans aucune garantie expresse ou tacite de quelque nature que ce soit.

OUTIL D'ANALYSE EXPERT ET VISUALISATION

CITATION DE CE RAPPORT

Voiron-Canicio C., Voiron G., 2021 ; Projet MODESTE : Une mobilité décarbonée pour un système territorialisé – outil d'analyse expert et visualisation, 50p.

Si le rapport est en ligne ajouter :
Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 966COO16

Livrable réalisé par ESPACE pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : EIFER ; avec comme partenaires EIFER, le CNRS UMR ESPACE et Port Camargue Régie Auto Port Plaisance
Appel à projet de recherche : APRED 2018/2019 : "Appel A Projets Energie Durable : Production, gestion et utilisation efficaces",

Coordination technique - ADEME :
Stéphane BARBUSSE, Service Transports et Mobilité, Direction Villes et Territoires Durables

SOMMAIRE

1. CREATION DU MODULE BIOGNV DANS LE SYSTEME EXPERT DE CATIMINI 8

1.1. Structure du système expert bioGNV et application aux communes de la région PACA 8

1.2. Cartographie du potentiel communal d'adhésion au bioGNV 9

1.2.1. Evaluation du potentiel communal de la composante « facilité de la recharge » 9

1.2.2. Evaluation du potentiel communal de basculement des véhicules vers le bioGNV 9

1.2.3. Evaluation du potentiel communal de la composante « intérêt pour l'achat d'un véhicule bioGNV » 11

1.2.4. Evaluation du potentiel communal de la composante « contexte local » 12

1.2.5. Evaluation de la « capacité globale à adhérer à la mobilité bioGNV » 13

1.3. Implémentation du module bioGNV dans le websimulator du site geomobinn 13

1.4. Comparaison des trois systèmes experts de CATIMINI (électrique, hydrogène, bioGNV) sur l'ensemble des communes de la région PACA 16

2. CONCEPTION DU SYSTEME EXPERT MODESTE 19

2.1. Structure du système expert de MODESTE 19

2.1.1. Composante « ravitaillement » 19

2.1.2. Composante « offre de véhicules » 20

2.1.3. La composante « intérêt d'achat » de véhicules décarbonés 25

2.1.4. Composante « contexte local » 25

2.1.5. Pondération des variables entrant dans le système expert 26

2.1.6. Intégration de différentes dimensions spatiales dans la détermination du potentiel territorial en faveur d'une énergie 26

2.2. Mode d'emploi du système expert MODESTE 27

2.2.1. Utilisation des cartographies 27

2.2.2. L'évaluation des composantes « offre de véhicules » et « intérêt d'achat de véhicules décarbonés » en mode interactif via les websimulator de MODESTE 31

ANNEXE : CAS D'ETUDE 37

Cas d'étude n°1 37

- Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021-2022 37
- Analyse prospective sur l'offre de véhicule et l'intérêt d'achat 39
- Examen des cartes de potentiel pour le ravitaillement 40
- Examen des cartes de potentiel pour la composante « contexte local » 40

Cas d'étude n°2 41

- Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021-2022, et après 2030 41
- Examen des dimensions « ravitaillement » et « contexte local » 44

Cas d'étude n°3 45

- Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021 45

- Examen des cartes de potentiel pour le ravitaillement 48
- Examen des cartes de potentiel pour le contexte local 48

RÉSUMÉ

Ce livrable, présente l'outil d'analyse expert du potentiel territorial, et visualisation qui a été conçu par l'équipe ESPACE dans le cadre du lot 3 du projet MODESTE. Il est organisé en **deux volets**. Le premier concerne la **création du module bioGNV dans le système expert de CATIMINI**, qui vient compléter les modules de la mobilité électrique batterie et de la mobilité hydrogène. Le second volet est consacré à la **conception du système expert propre au projet MODESTE**.

Bien que relevant de deux projets de recherche différents, ces deux outils entendent répondre à un même objectif, celui de guider les collectivités et les entreprises dans leur projet de développement de la mobilité durable, en portant à leur connaissance un ensemble d'informations relatives au contexte territorial dans lequel elles déploient leurs activités, et sur lequel elles doivent s'appuyer pour définir, de manière adaptée et efficace, leur politique de mobilité.

Par ailleurs, ces outils sont conçus avec une même ligne directrice :

- d'une part, **inter-relier les besoins et les attentes de la collectivité/l'entreprise avec l'écosystème territorial de la mobilité, propre à chacune des trois énergies décarbonées**: l'électrique batterie, l'hydrogène et le bioGNV ;

- d'autre part, **donner la possibilité à un organisme d'évaluer de manière autonome l'adéquation de chacune des énergies à ses besoins actuels et à venir**, et de tester différentes options afin de progresser dans la réflexion préalable à la décision.

Le parti retenu est d'adosser ces outils d'aide à la réflexion et à l'action à « une visualisation » multi-formes et multi-niveaux.

- Le premier niveau correspond à la spatialisation des informations des variables entrant dans la constitution du système expert, ainsi qu'à la représentation des résultats des simulations et de leurs analyses, sous forme de cartes, soit statiques, soit interactives.

- Le second niveau repose sur le numérique, mobilisé dans le cadre **des pages dédiées aux projets CATIMINI et MODESTE sur le site** www.geomobinn.fr. Les différentes **cartographies disponibles et les websimulateurs mis en accès libre** jouent un rôle majeur dans la compréhension et l'appropriation de ces outils.

RESUME Suite

A la différence de CATIMINI, le parti retenu dans le système expert de MODESTE n'est pas d'évaluer le territoire mais de **comparer les trois énergies décarbonées sur un même territoire**. Plus précisément, l'objectif n'est pas de donner un score global à un territoire, comme c'était le cas avec le système expert de CATIMINI, mais de **donner un score aux différentes énergies en fonction de leur adéquation aux besoins de la collectivité concernée, et de ses caractéristiques** (besoins de véhicules, production énergétique, etc.).

De plus, l'une des spécificités du système MODESTE par rapport au système CATIMINI est de **ne pas s'arrêter aux limites administratives communales, tant pour les données que pour les analyses, mais de procéder à des calculs et à des analyses spatiales, à 10, 20 ou 30 km autour de la commune de référence**, pour certaines variables.

Ce livrable comprend une annexe présentant différents cas d'études, qui prennent notamment appui sur les profils types déterminés dans le volet 2, et qui portent sur des simulations à différents horizons temporels.

1. Création du module bioGNV dans le système expert de CATIMINI

Ce nouveau module vient compléter le système-expert de CATIMINI, qui, pour rappel, évalue la capacité d'une commune à adhérer à un type de mobilité innovante. Ce module consacré à la mobilité BioGNV complète les deux existants : mobilité électrique batterie et mobilité hydrogène. Le système expert CATIMINI a été développé sur les données communales de la région PACA. Toutefois, il est transposable à tout type de territoire de France : commune, prise individuellement, ou regroupements de communes.

1.1. Structure du système expert bioGNV et application aux communes de la région PACA

Comme pour le système expert électrique batterie et électrique hydrogène, la structure du système expert bioGNV est constituée des quatre grandes composantes :

- « facilité de la recharge »
- « potentiel de basculement vers le bioGNV »
- « intérêt pour l'achat d'un véhicule bioGNV »
- « contexte local »

Toutefois, des modifications ont été apportées au contenu des composantes en raison des spécificités du carburant concerné (Figure 1).

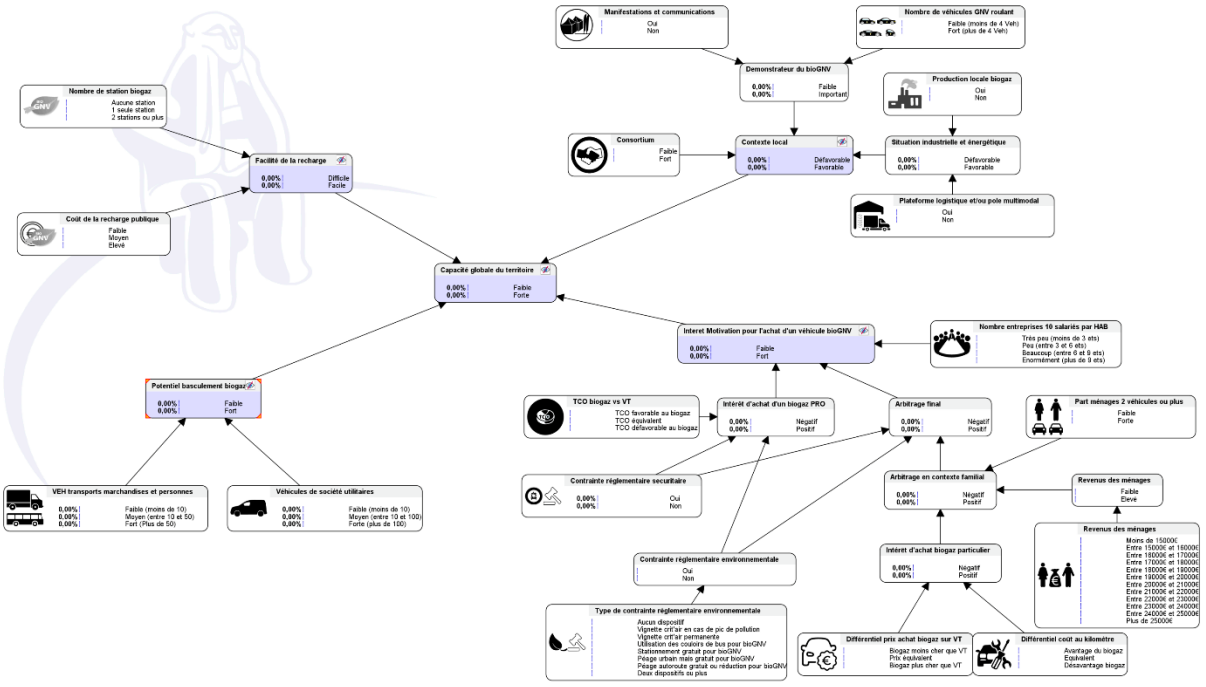
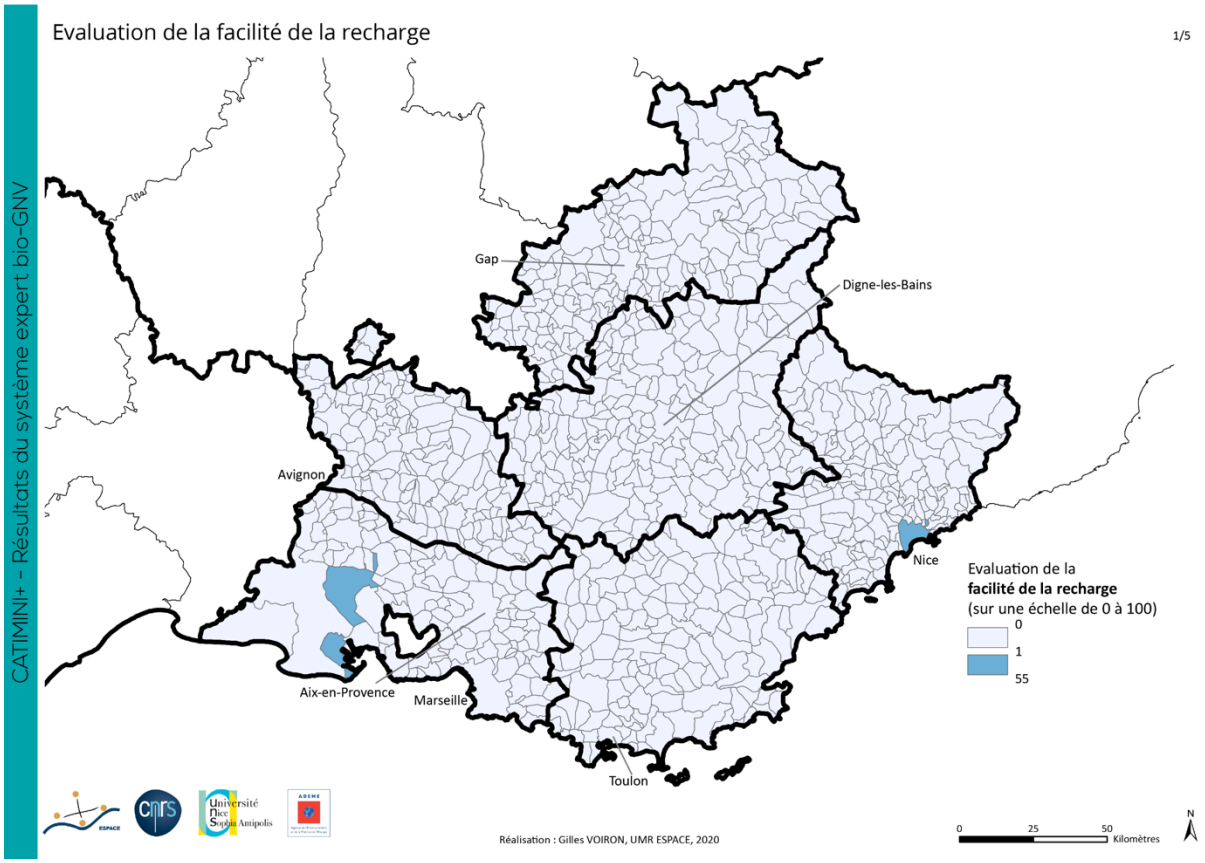


Figure 1 : Les composantes du système expert appliqué à la mobilité bioGNV

1.2. Cartographie du potentiel communal d'adhésion au bioGNV

1.2.1. Evaluation du potentiel communal de la composante « facilité de la recharge »

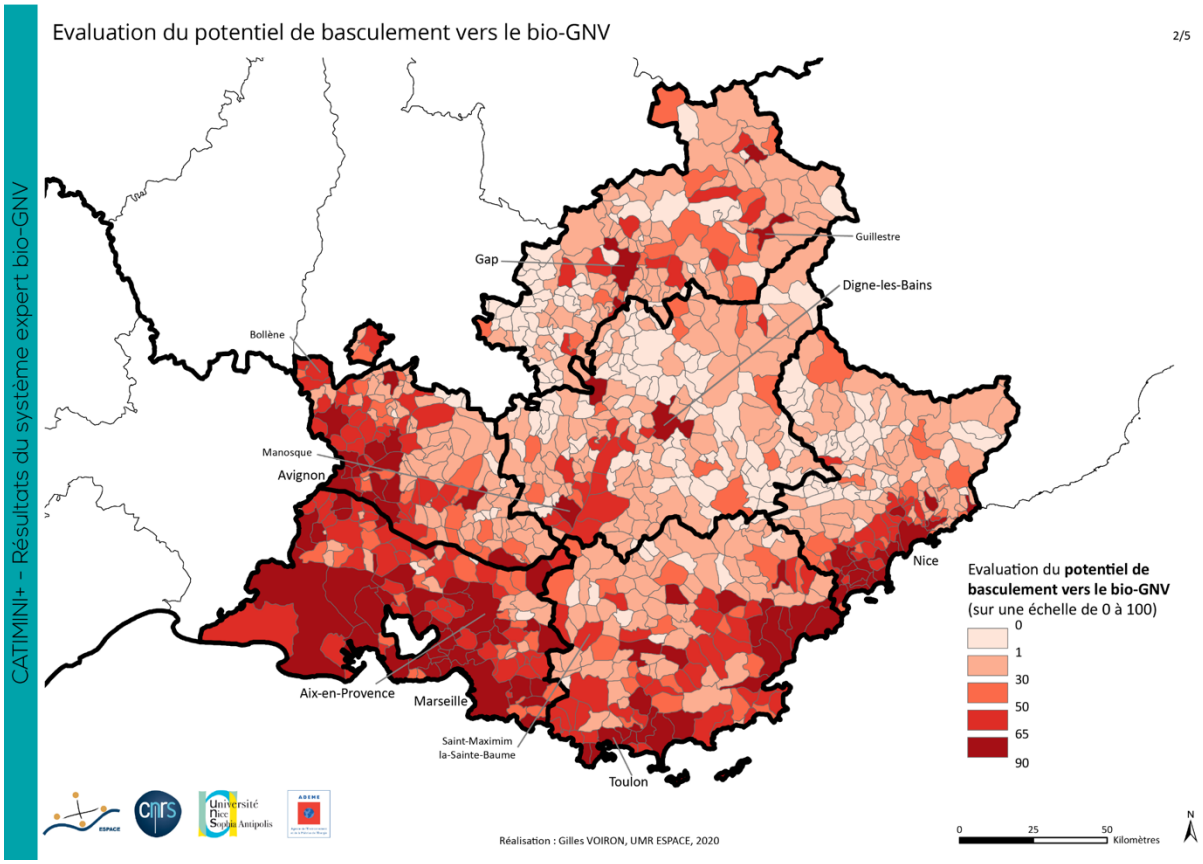
Les possibilités de recharge sont fonction de l'existence de stations, et celles-ci sont en nombre très réduit, comme le montre la carte de la figure 1. Trois stations existent : au MIN de Nice, à Port Saint-Louis du Rhône et à Saint-Martin de Crau.



Carte 1 : Potentiel communal de la facilité de la recharge en bioGNV

1.2.2. Evaluation du potentiel communal de basculement des véhicules vers le bioGNV

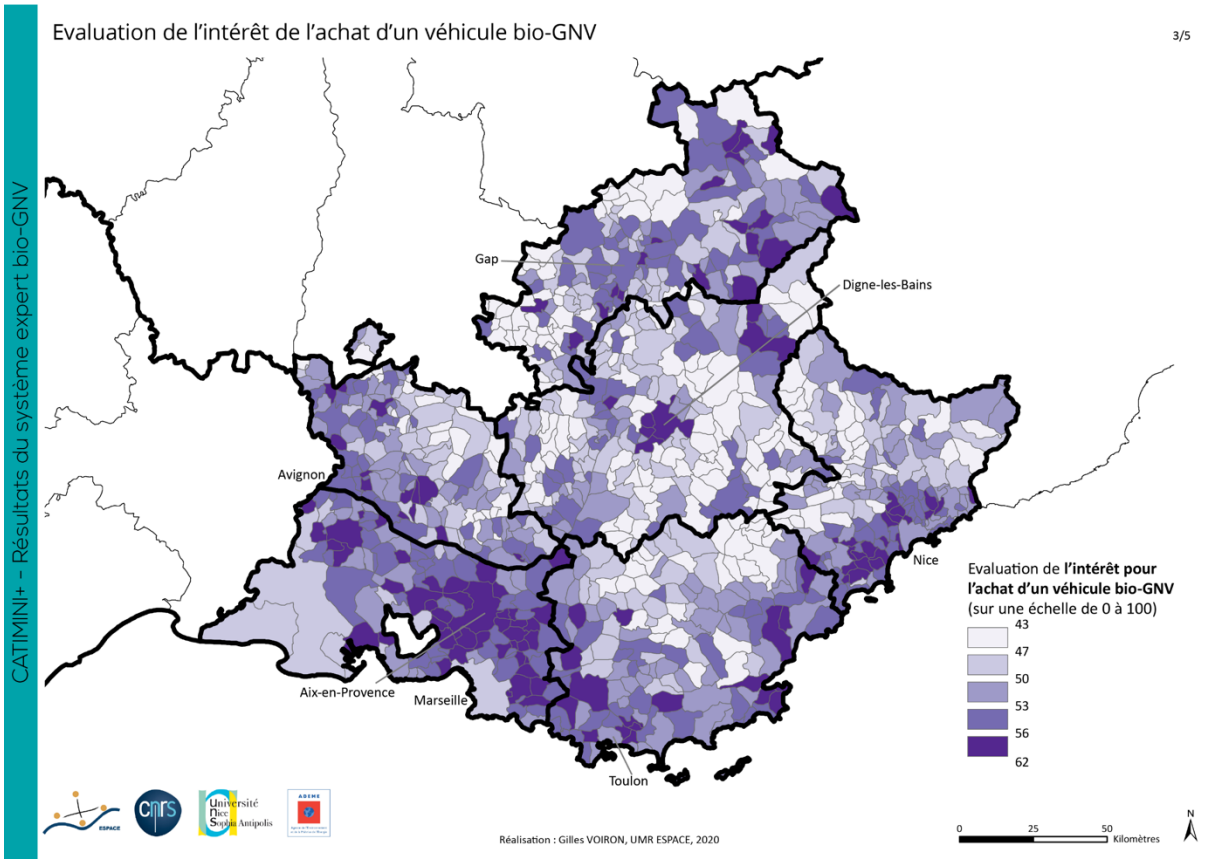
Cette composante concerne quasi exclusivement les véhicules professionnels, aussi les scores du potentiel de basculement vers le bioGNV sont-ils le reflet de l'importance de la flotte de véhicules de type VEH et VUL de chaque commune. La capacité d'adhésion au bioGNV est identique à celle concernant l'hydrogène. Le profil territorial « défavorable » au basculement vers des véhicules bioGNV correspond soit à un faible nombre de véhicules de transports de marchandises et de personnes, combiné à un nombre faible ou moyen de véhicules de société utilitaires, soit à un faible nombre de véhicules de société utilitaires avec un nombre moyen de véhicules de transports de marchandises et de personnes. Les profils les plus favorables correspondent à un nombre important de véhicules de transports de marchandises et de personnes, ou bien à un nombre moyen combiné à un nombre important de véhicules de société utilitaires.
Sur le territoire de PACA, cela se traduit par un fort potentiel sur le littoral, le long du Rhône, de la Durance et de l'autoroute A8, et dans la quasi-totalité des Bouches-du-Rhône. Les communes ayant un faible potentiel se localisent dans l'arrière-pays et dans la moyenne et haute montagne.



Carte 2 : Potentiel communal de basculement vers le bioGNV

1.2.3. Evaluation du potentiel communal de la composante « intérêt pour l'achat d'un véhicule bioGNV »

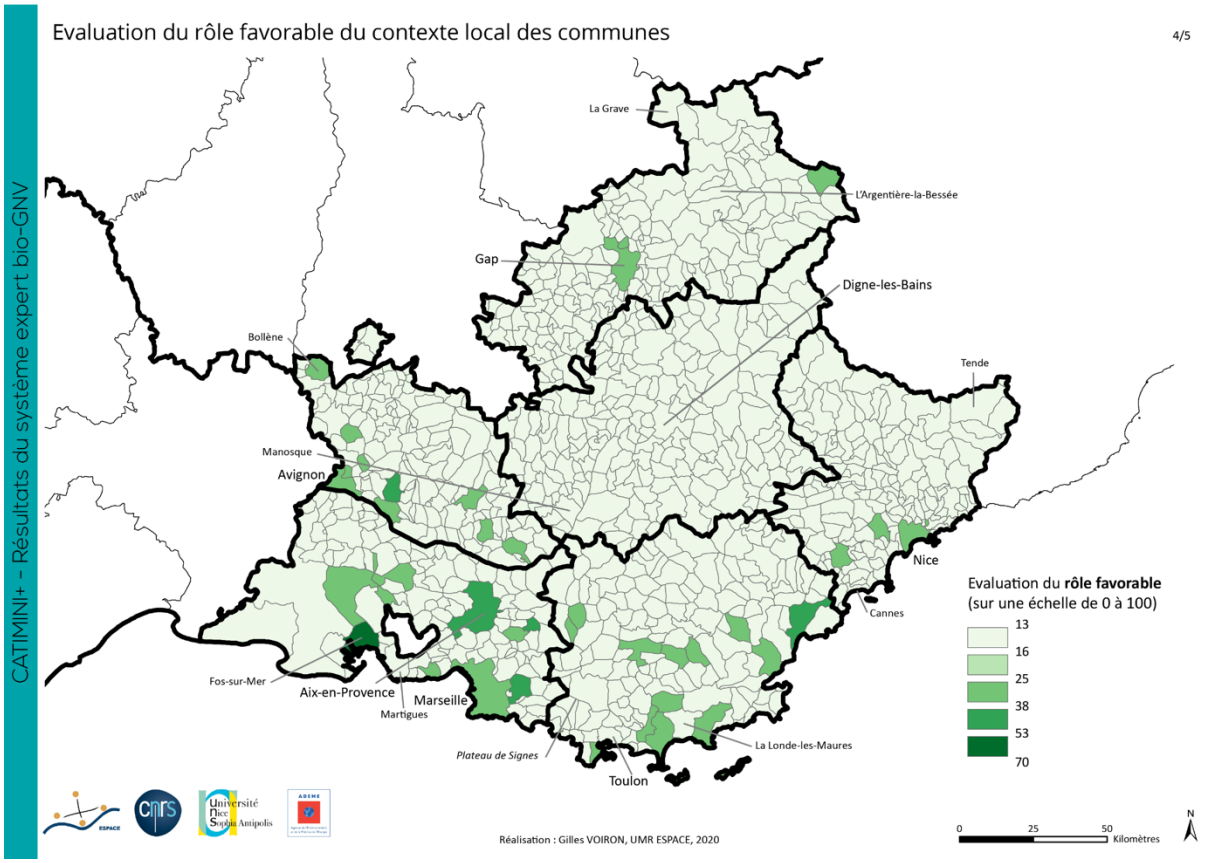
Deux variables jouent un rôle discriminant : le nombre d'entreprises de plus de 10 salariés et le niveau de revenus. En effet, les communes ayant les plus forts scores sont celles qui associent des revenus médians élevés et un nombre important d'entreprises. Tel est le cas des communes des Bouches-du-Rhône et de la Côte d'Azur. De nombreuses communes de l'arrière-pays provençal et de montagne se distinguent également par un potentiel supérieur à 50 en raison d'un nombre important d'entreprises de plus de salariés ramené au nombre d'habitants.



Carte 3 : Potentiel communal de la composante « intérêt d'achat pour un véhicule bioGNV »

1.2.4. Evaluation du potentiel communal de la composante « contexte local »

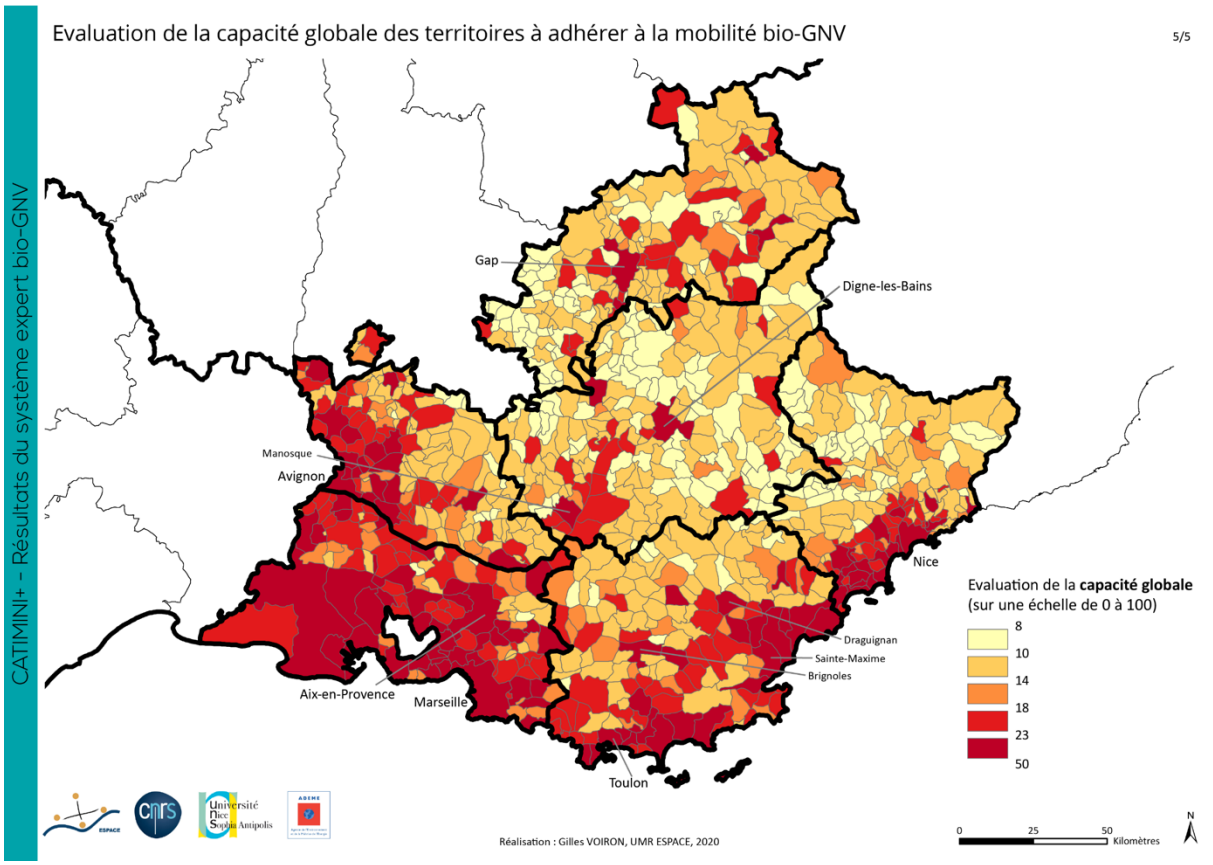
Peu de communes se distinguent par un contexte local très favorable. Avec un score de 70, Fos-sur-Mer détient le plus fort potentiel régional. Ceci est dû à la présence conjointe d'une production de biogaz sur place, d'un pôle multimodal et d'un consortium important. Les autres communes ayant un potentiel compris entre 38 et 53 – Aix-en-Provence, Fréjus, Rousset, par exemple, – ont également une production de biogaz à laquelle s'ajoutent soit un pôle multimodal, soit un nombre élevé de véhicules roulant au biogaz ou un consortium actif.



Carte 4 : Potentiel communal lié au contexte local favorable au bioGNV

1.2.5. Evaluation de la « capacité globale à adhérer à la mobilité bioGNV »

La capacité globale des communes de la région PACA à adhérer à la mobilité bioGNV est faible. Les scores ne s'élèvent pas au-dessus de 50. Comparativement aux deux autres énergies, le potentiel se situe à un niveau intermédiaire – pour rappel le maximum était de 77 pour l'électrique batterie et de 40 pour l'électrique hydrogène. Les zones les mieux positionnées se situent dans les Bouches-du-Rhône, avec trois prolongements le long du littoral jusqu'à Nice, dans la vallée du Rhône, et dans la vallée de la Durance. De nombreuses communes du département des Hautes-Alpes possèdent également un potentiel non négligeable.

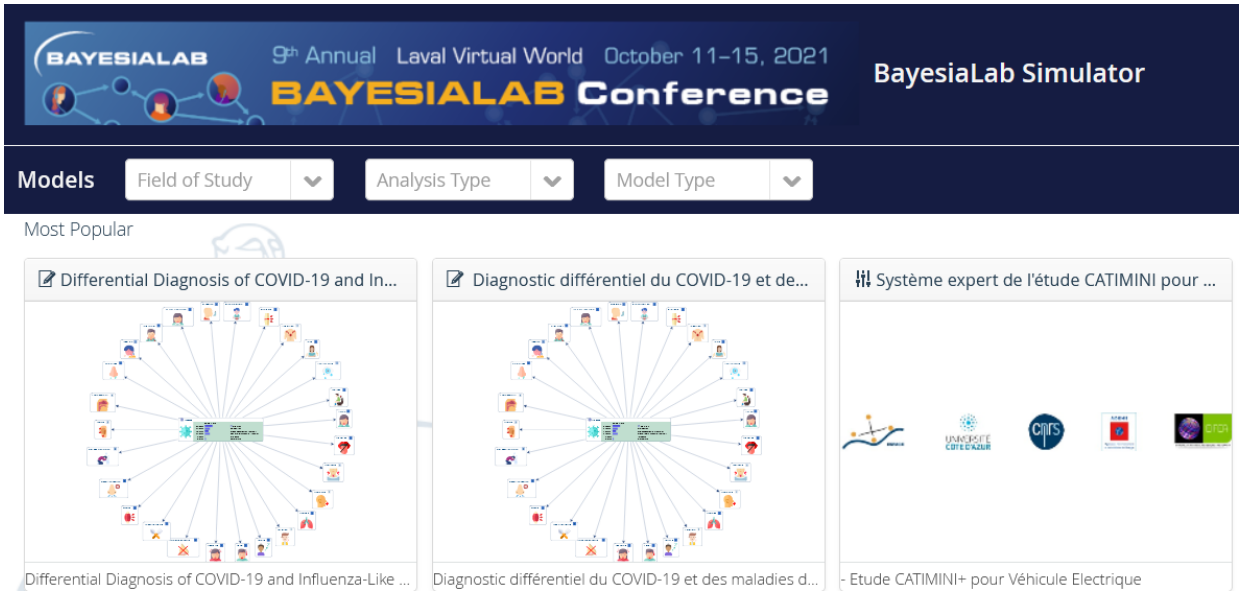


Carte 5 : Potentiel global d'adhésion au bioGNV

1.3. Implémentation du module bioGNV dans le websimulator du site geomobinn

Le site www.geomobinn.fr comporte un volet dédié aux simulations.
Avec l'implémentation du module bioGNV, il est désormais possible d'évaluer les potentialités d'adhésion d'un territoire aux trois mobilités décarbonées à l'aide des websimulator qui sont proposés dans geomobinn. Les trois websimulator ont été réalisés avec le logiciel Bayesia.

Pour information, le système expert de CATIMINI pour les véhicules électriques, fait partie des modèles les plus « populaires » sur le site de BayesiaLab Simulator !



Pour accéder au websimulator du site geomobinn, il suffit d'ouvrir l'onglet simulation du menu déroulant, puis de cliquer sur l'icône ci-dessous :

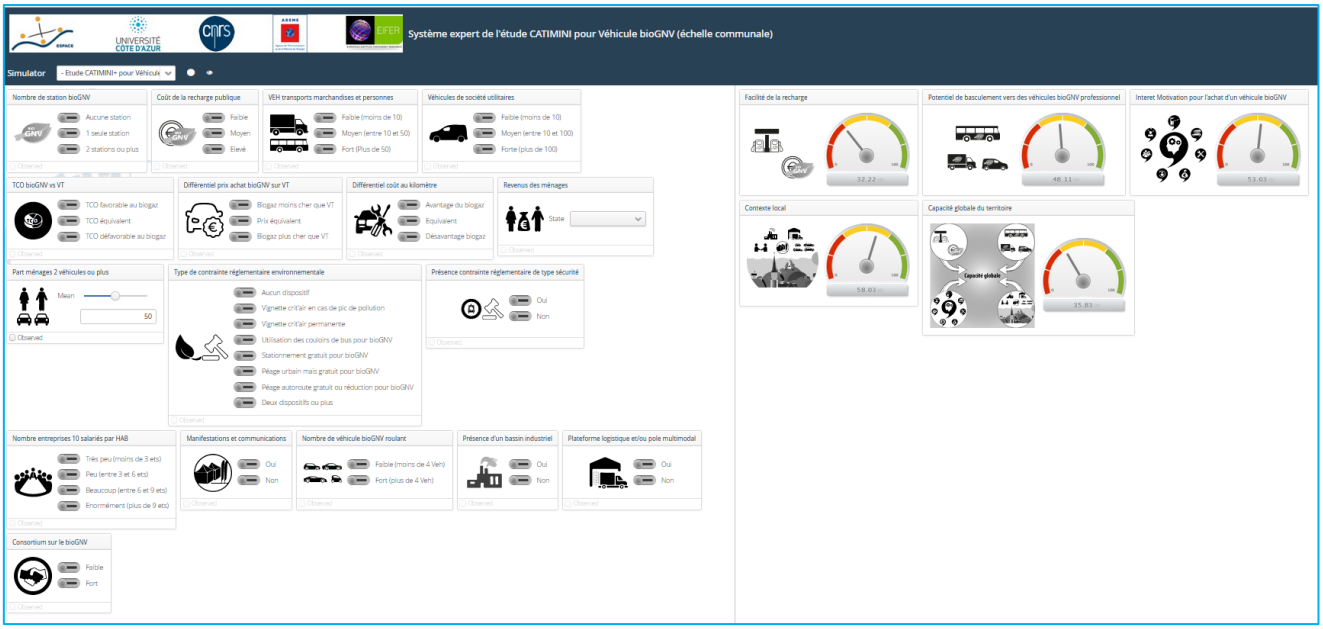
Puis, cliquer sur le simulateur de l'écosystème de l'énergie désirée :

Simulateur pour l'écosystème électrique

Simulateur pour l'écosystème hydrogène

Simulateur pour l'écosystème bioGNV

En cliquant sur l'icône du websimulateur bioGNV, l'utilisateur accède au module de simulation de Bayesia. Il peut dès lors, entrer les données nécessaires à la simulation (page ci-dessous) :



1.4. Comparaison des trois systèmes experts de CATIMINI (électrique, hydrogène, bioGNV) sur l'ensemble des communes de la région PACA

L'objectif est de comparer sur un territoire donné - une commune ou un ensemble de communes - les scores des potentiels obtenus par chacune des trois mobilités décarbonées (batterie électrique, hydrogène et bioGNV). L'intérêt est notamment d'identifier les territoires « compatibles multi-énergies », et ceux qui, *a contrario*, ont un potentiel « mono-énergie », c'est à dire, dont le potentiel est en adéquation avec seulement l'une des trois énergies.

Faits notables :

- Domination du potentiel d'adhésion à la mobilité électrique de type batterie sur les autres énergies, sauf à Nice, où le potentiel bioGNV est supérieur
- 13 communes ont un potentiel hydrogène plus élevé que le potentiel GNV

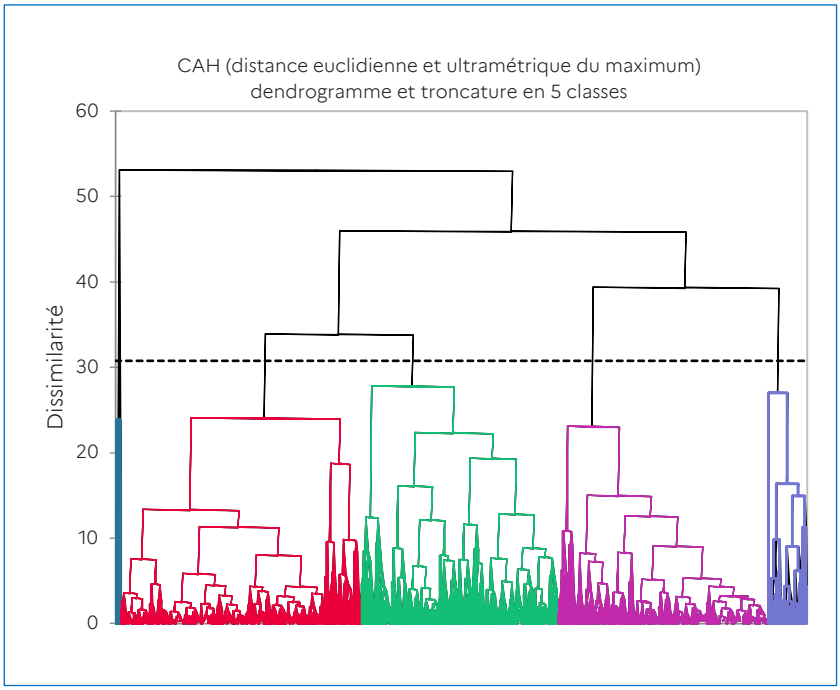
Commune	Hydrogène	GNV
MANOSQUE	30,4	25,2
SISTERON	25,7	25,4
VALENSOLE	21,0	20,7
CANNES	28,2	25,2
CASTAGNIERS	21,6	21,0
SAINT-MARTIN-DU-VAR	21,2	20,9
BOUC-BEL-AIR	29,0	25,9
MARTIGUES	28,4	25,0
SEPTEMES-LES-VALLONS	25,9	25,0
LE CASTELLET	41,4	21,4
LA LONDE-LES-MAURES	28,5	25,2
SIGNES	24,3	21,6
TOULON	28,3	24,8

Typologie :

Afin de dégager les grands types de profils de commune, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur les scores de la capacité globale à adhérer à chacune des trois énergies. Le tableau ci-dessous donne les statistiques descriptives de base des trois capacités globales sur lesquelles a été effectuée la classification. Pour rappel, les scores sont compris entre 0 et 100.

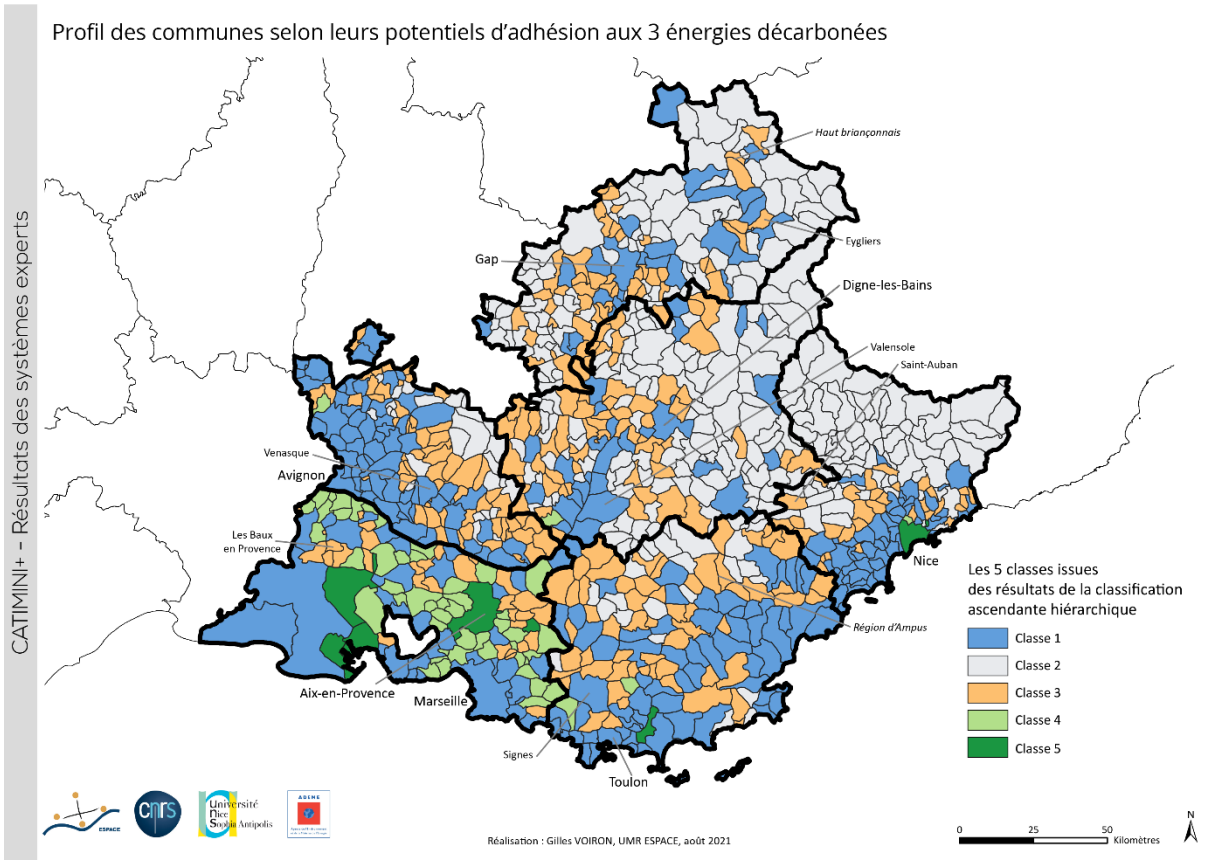
Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Elec. batterie	953	25,774	67,003	44,193	7,043
Elec. hydrogène	953	4,778	41,410	12,256	6,036
BioGNV	953	8,261	49,824	15,352	5,813

Le dendogramme de la classification (ci-dessous) fait apparaître cinq grandes classes (variance intra-classe : 33% et variance inter-classe : 67%).



Barycentre des classes

Classe	E. batterie	E. hydrogène	BioGNV	Nb communes
1	43,340	18,796	21,428	271
2	38,723	7,710	11,023	332
3	48,640	9,472	12,735	290
4	57,802	20,831	22,699	53
5	49,320	25,089	38,216	7



Carte 6 : Cartographie des cinq classes résultant de la CAH

- La classe 1 correspond aux communes ayant un potentiel d'adhésion à la mobilité électrique batterie moyen. Les potentiels de l'hydrogène et du bioGNV, de niveaux plus faibles, se situent néanmoins au-dessus de la moyenne de la région. Ce profil communal d'adhésion à la mobilité décarbonée est relativement diversifié. Il caractérise majoritairement les communes du littoral et du proche arrière-pays, ainsi que les communes situées dans la vallée du Rhône et la moyenne vallée de la Durance.
- La classe 2 est celle qui détient les plus mauvais scores, toutes énergies décarbonées confondues. Elle regroupe près du tiers des communes de la région PACA, à la fois rurales et de montagne.
- La classe 3 est représentative d'un profil mono-énergie avec un bon potentiel d'adhésion à l'électrique batterie. En revanche, les scores des potentiels hydrogène et bioGNV sont plus bas que la valeur moyenne de ces deux énergies. Les communes concernées sont rurales et situées dans l'intérieur.
- Le profil de la classe 4 est marqué par un très fort potentiel de l'électrique batterie. Les scores des deux autres potentiels sont également plus élevés que la moyenne de chacune de ces deux énergies. C'est tout particulièrement le cas pour le potentiel d'adhésion à la mobilité hydrogène. Ce profil est uniquement présent dans les Bouches-du-Rhône.
- Le profil de la classe 5 est à la fois marqué par de fortes valeurs de potentiel d'adhésion et le plus équilibré. Si le potentiel d'adhésion à la mobilité électrique batterie domine, les scores du bioGNV et de l'hydrogène sont les plus élevés de la région. Les 7 communes qui appartiennent à cette classe « compatible multi-énergies décarbonées » sont Nice, Aix-en-Provence, Fos-sur-Mer, Port Saint-Louis du Rhône, Rousset, Saint-Martin de Crau, La Crau.

2. Conception du système expert MODESTE

A la différence de CATIMINI, le parti retenu dans le système expert de MODESTE n'est pas d'évaluer le territoire mais de comparer les énergies décarbonées sur un même territoire. Plus précisément, l'objectif n'est pas de donner un score global à un territoire, comme c'était le cas avec le système expert de CATIMINI, mais de donner un score aux différentes énergies en fonction de leur adéquation aux besoins de la collectivité concernée, et de ses caractéristiques (besoins de véhicules, production énergétique, etc.).
De plus, l'une des spécificités du système MODESTE par rapport au système CATIMINI est de ne pas s'arrêter aux limites administratives communales, tant pour les données que pour les analyses, mais de procéder à des calculs et à des analyses spatiales, à 10, 20 ou 30 km autour de la commune de référence, pour certaines variables.

2.1. Structure du système expert de MODESTE

Comme pour CATIMINI, le système expert est organisé autour de quatre grandes composantes de l'écosystème de la mobilité décarbonée :

- Ravitaillement
- Offre de véhicules
- Intérêt pour l'achat
- Contexte local

Les trois énergies sont évaluées dans le cadre de chaque composante, avec attribution d'un score aux différentes énergies, permettant ainsi une comparaison.

2.1.1. Composante « ravitaillement »

L'objectif de cette composante est de comparer la facilité de ravitaillement des trois énergies décarbonées selon le type de véhicule sur un territoire (véhicule léger à destination des professionnels, et poids lourds, autocars).
Du fait des différences entre les véhicules légers (VL) et poids lourds (PL), des sous-systèmes ont été créés spécifiquement pour ces deux types de véhicules, en distinguant les stations ouvertes qu'à un seul type de véhicule, ou à tout type de véhicule.
Une information sur l'accessibilité des stations est également renseignée : la station est-elle ouverte au public ? Est-elle destinée uniquement aux abonnés de la station ?

Les spécificités des trois énergies sont analysées à la lumière des informations retirées des entretiens.
Pour l'électrique, il a été décidé de ne comptabiliser que les points de charge rapide dans un objectif de comparaison équitable des énergies. Avec des seuils différents pour les VL et les PL (station d'au moins 50 kW pour les VL, et d'au moins 250 kW pour les PL).

Pour l'hydrogène, l'un des freins est la capacité limitée de production et de distribution d'hydrogène. Cela se caractérise par la mise en place d'une variable concernant la capacité de production/distribution en hydrogène, en lieu et place d'une somme de stations.
De plus, la quantité de production/distribution en hydrogène est adaptée selon la typologie des véhicules (capacité de réservoir de 1-6 kg pour les VL, contre 40 kg pour les PL). Une station de 100 kg

d'hydrogène/jour peut être considérée comme une grosse station pour VL (ravitaillement d'une vingtaine de VL), alors qu'elle ne pourrait même pas remplir 3 PL.

Prise en compte de la spatialité des trois énergies :
Pour l'électrique et le bioGNV, le potentiel a été calculé à partir de différentes distances kilométriques à vol d'oiseau.

- Station dans la commune, sinon à 10 km, sinon à 20 km, sinon à 30 km (uniquement pour les PL)

Pour l'hydrogène, en 2021, la principale contrainte reste la production journalière d'hydrogène. Ainsi, la production journalière a été calculée dans un périmètre de 20 km autour des stations pour les VL, et de 30 km pour les PL, avec des échelles de production différentes entre les VL et les PL :

- 10 kg, 30 kg, 50 kg, 100 kg, 200 kg pour les VL
- 100 kg, 250 kg, 500 kg, 750 kg, 1000 kg, 2000 kg pour les PL

L'ensemble de cette composante donnera des scores selon les énergies et selon les types de véhicule, pour chaque commune.

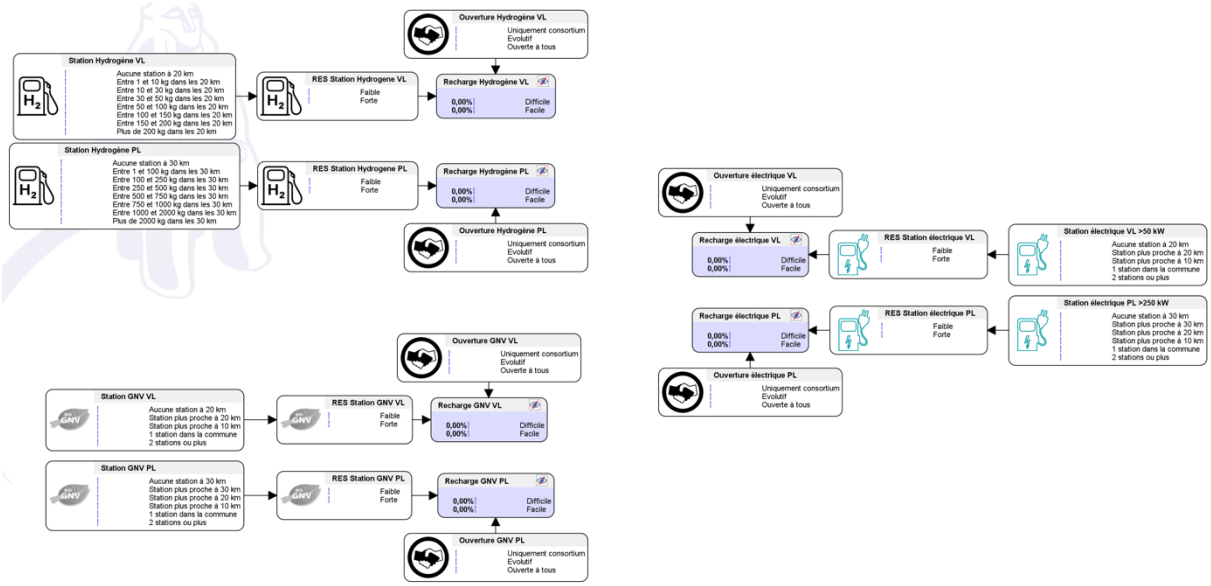


Figure 2 : Structure de la composante « ravitaillement »

2.1.2. Composante « offre de véhicules »

Au fil des entretiens avec les grands acteurs, un frein est apparu, généralement sous-estimé dans la littérature spécialisée : l'offre disponible en véhicules. En effet, force est de constater que certains segments de véhicules ne sont pas (encore) disponibles dans certaines énergies, tandis que d'autres segments ont une offre pléthorique, ce qui oriente *de facto* les choix actuels.

Le tableau 1, qui présente les immatriculations de véhicules neufs en France, en 2020, pour les poids lourds, les autobus/autocars et les VUL, relativise la part des énergies décarbonées dans les achats actuels. Ces derniers se tournent encore à plus de 90% vers le diesel pour les camions, les VUL et les autocars. Ce n'est que pour les autobus que le gaz et l'électrique/hydrogène concurrencent le diesel.

	Total	Diesel (en %)	Électrique et hydrogène (en %)	Gaz (en %)	Autres carburants (en %)
Poids-lourds	43877	95,5 %	0,1 %	4,2 %	0,2 %
Autobus	1846	54 %	9 %	36 %	1 %
Autocars	4497	91,7 %	0,1 %	8,1 %	0,1 %
VUL	410020	93,2 %	2,1 %	0,3 %	4,4 %

Tableau 1 : Immatriculations de véhicules neufs en 2020 (sources : SDES, RSVERO)

Actuellement, les camions roulant au gaz, GNV/bioGNV sont disponibles en grand nombre, les camions hydrogènes et électriques ne sont pas encore sur le marché, mais devraient bientôt arriver.

Les véhicules dédiés au transport de voyageurs comprennent 7 types d'autobus et 8 types d'autocars, qui peuvent se décliner en plusieurs longueurs. Il en découle une offre en énergie décarbonée fort variable selon les types et les modèles. Ainsi, en ce qui concerne les autocars, l'offre en 2021 est majoritairement en GNV, elle est restreinte en électrique batterie, et inexistante en hydrogène (source : Transbus.org)
En revanche, pour les autobus, l'offre est plus diversifiée, elle varie toutefois en fonction des types, et se caractérise par un développement rapide. Pour le segment minibus/midibus, l'offre électrique batterie est supérieure à celle du GNV, et très faible pour l'hydrogène. L'offre des autobus standard est à la fois plus conséquente et plus équilibrée entre l'électrique et le GNV. Sur ce segment, l'offre GNV est majoritaire. L'offre hydrogène actuelle est portée sur le marché français par deux constructeurs d'autobus : le chinois Yutong et l'entreprise française SAFRA qui a mis en circulation le premier bus hydrogène français (Businova), et dont la production connait un fort développement avec 1500 bus au format 12 mètres, disponibles à partir de décembre 2021.

Les VUL au bioGNV et à l'hydrogène sont disponibles en petit nombre, les VUL électriques en plus grand nombre. La gamme de VUL à hydrogène est amenée à s'étendre dans un futur proche.

Les véhicules de petites tailles sont disponibles en grande quantité en motorisation électrique, ce qui n'est pas le cas en motorisation hydrogène. Il existe quelques petits véhicules au bioGNV.
Les véhicules type grand SUV et grande berline sont disponibles en grand nombre en motorisation électrique. Il existe quelques modèles de ce type en motorisation hydrogène. En France, aucun véhicule de ce type n'est actuellement disponible avec du bioGNV.

L'offre de véhicules en 2021

Le tableau 2 résume l'offre de véhicules, telle que disponible en juin 2021.

Offres :	Électrique	Hydrogène	BioGNV
Camions	Faible	Aucune	Forte
VUL	Forte	Forte	Faible
Autocars	Faible	Aucune	Forte
Autobus	Faible	Infime	Forte
Petit VP	Forte	Aucune	Faible
Grand VP	Forte	Faible	Faible

Tableau 2 : Appréciation de la quantité de véhicules à énergie décarbonée, en 2021

Le potentiel de basculement vers l'énergie décarbonée analysée au regard de l'offre de véhicules

Cette composante de l'outil expert est destinée à renseigner l'utilisateur sur l'offre en véhicules décarbonés disponibles en 2021, 2030 et 2040, en fonction de ses besoins, en calculant le potentiel de basculement de sa flotte vers chacune des trois énergies. L'adéquation de chaque énergie décarbonée aux besoins de l'entreprise ou de la collectivité est évaluée en tenant compte du kilométrage moyen journalier parcouru par type de véhicule existant dans l'entreprise.

Le calcul du potentiel de basculement est proposé pour les poids lourds, les VUL, les petits véhicules légers et les gros véhicules légers, mais pas pour les autobus/autocars. Plusieurs raisons ont conduit à ce choix :

- La diversité des types de véhicules – 7 pour les autobus et 8 pour les autocars – des longueurs, des capacités de voyageurs et des éléments auxiliaires,
- Le manque d'information ou une information incomplète sur l'autonomie des véhicules électriques proposés à la vente. Certains constructeurs n'affichent pas d'autonomie moyenne car celle-ci dépend d'un ensemble de variables telles que les options introduites dans le véhicule, l'itinéraire, et les conditions d'utilisation du véhicule - pré-conditionnement thermique au dépôt, par exemple.
- Les conditions d'utilisation du véhicule, à la fois topographiques et climatiques, peuvent réduire fortement l'autonomie moyenne annoncée par le constructeur. D'une part, les caractéristiques de la ligne desservie par le véhicule – longueur et profil longitudinal/dénivelé – ainsi que le nombre d'arrêts pendant lesquels l'énergie est consommée par la climatisation, la radio, l'éclairage, ont un impact direct sur la consommation électrique et donc sur les performances des bus électriques (Lara, 2020). D'autre part, la consommation et les incidents varient selon les conditions climatiques et les saisons. Une récente étude réalisée par la société DBUS et le Syndicat des Mobilités Pays Basque - Adour (SMPBA), dans le cadre du projet transfrontalier E-MOBASK, portant sur l'utilisation de bus 100 % électriques à Bayonne et Saint-Sébastien, entre 2018 et 2020, a révélé que la moitié des incidents liés à des problèmes d'autonomie se produisent en hiver. 75 % des problèmes d'autonomie sont survenus les jours où la température moyenne était inférieure à 10 °C. Le deuxième pourcentage le plus élevé correspond à l'été, où plus de 75 % des incidents se sont produits les jours où la température moyenne dépassait 19 °C. Ces deux saisons où les températures sont les plus extrêmes cumulent plus de 70 % des problèmes d'autonomie.

Aussi, même lorsque l'autonomie est affichée par le constructeur, cette information n'est pas pertinente pour les autobus et autocars électriques. L'autonomie moyenne du type de bus et autocar estimée à partir des données existantes ne suffit pas pour calculer un potentiel d'adéquation aux besoins de la collectivité qui soit fiable. Il serait nécessaire de prendre en compte, dans les calculs, les particularités du territoire et des lignes desservies, ainsi que la gestion des itinéraires.

Exemples de résultats du potentiel d'offre de véhicules

Les résultats ci-dessous concernant des entrées de kilométrages journaliers pour de gros véhicules (berline, SUV) en 2021

Kilométrage journalier	Véhicule électrique	Véhicule hydrogène	Véhicule bioGNV
300 km	100	90	90
400 km	80	90	90
500 km	30	90	54

L'offre en véhicules électriques est très importante, mais peu de véhicules ont une autonomie autour des 500 km.

L'autonomie pour les « gros » véhicules hydrogènes n'est pas un problème, en revanche, l'offre très limitée de véhicules peut être une contrainte.

Les véhicules bioGNV sont également disponibles en faible quantité, et leur autonomie dépasse rarement les 500 km.

Concernant les VUL, il existe principalement deux tailles : de petits VUL, et de gros VUL. De récentes annonces font que l'offre de VUL en électrique et hydrogène devient importante quelle que soit la taille du VUL, ce qui n'est pas le cas des VUL bioGNV.

Kilométrage journalier	VUL électrique	VUL hydrogène	VUL bioGNV
300 km	100	100	80
400 km	0	100	80
500 km	0	50	56

Aujourd'hui, il n'existe pas de camion hydrogène sur le territoire français. Dans les prochains mois, quelques camions électriques devraient arriver sur le marché français, mais les autonomies seront limitées. Seuls les camions bioGNV ont aujourd'hui des autonomies suffisantes pour les grandes distances.

Kilométrage journalier	Camion électrique	Camion hydrogène	Camion bioGNV
500 km	21	0	100
600 km	7	0	100

L'offre de véhicules à l'horizon 2030

A l'horizon 2030, selon les annonces des constructeurs et des projets, l'offre pourrait être modifiée ainsi (modification en *italique vert*) :

Offres :	Électrique	Hydrogène	BioGNV
Camions	Faible	*Faible*	Forte
VUL	Forte	Forte	Faible
Petit VP	Forte	*Faible*	Faible
Grand VP	Forte	*Fort*	*Faible*

Tableau 3 : Appréciation de la quantité de véhicules à énergie décarbonée, en 2030

Les progrès technologiques devraient profiter aux véhicules électriques et hydrogènes. Les véhicules électriques devraient gagner en autonomie, tandis que pour les véhicules hydrogènes, leurs disponibilités devraient être plus importantes. Les potentiels de basculement ci-dessous traduisent cette évolution :

Kilométrage journalier	Véhicule électrique	Véhicule hydrogène	Véhicule bioGNV
300 km	100	100	90
400 km	100	100	90
500 km	60	100	54

De même, les progrès technologiques bénéficieront à l'autonomie des VUL, et répondront aux besoins des utilisateurs, avec de multiples capacités de batterie et de réservoir.

Kilométrage journalier	VUL électrique	VUL hydrogène	VUL bioGNV
300 km	100	100	80
400 km	100	100	80
500 km	50	50	80
600 km	0	30	16

En 2030, plus de camions électriques et hydrogènes devraient être disponibles, avec des autonomies importantes, mais sans concurrencer les camions bioGNV sur les très longues distances.

Kilométrage journalier	Camion électrique	Camion hydrogène	Camion bioGNV
500 km	42	70	100
600 km	21	42	100
700 km	7	28	100

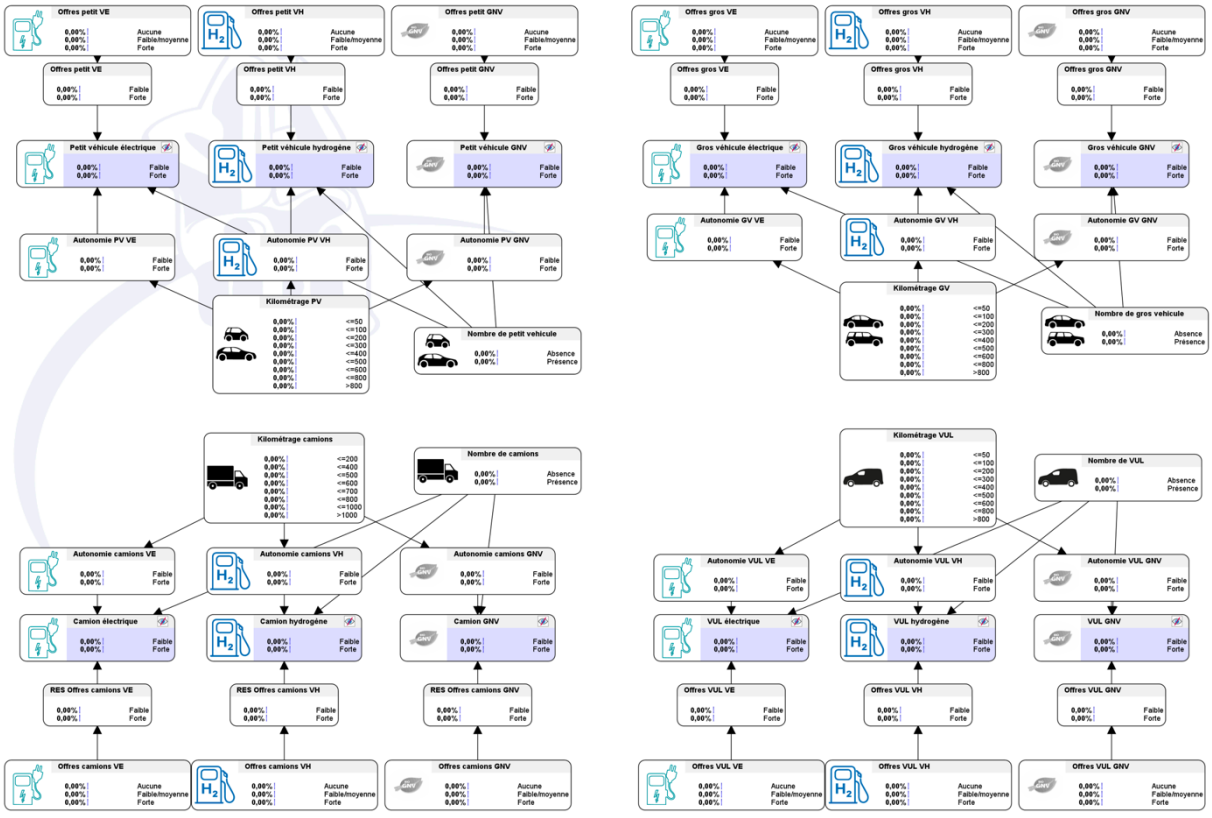


Figure 3 : Structure de la composante « offre de véhicules »

2.1.3. La composante « intérêt d'achat » de véhicules décarbonés

A la suite des entretiens, plusieurs éléments ont été rajoutés à la structure de base utilisée dans le système expert de CATIMINI, tels que :

- La possibilité d'accorder une moindre importance au TCO, notamment lorsqu'il y a des intérêts de marketing et d'innovation, comme avec l'hydrogène. Dans une logique de simplification du système expert, une seule variable TCO pour chaque énergie a été intégrée.
- Un poids accru des contraintes environnementales. Celles-ci ont été identifiées comme étant un déclic pour s'engager dans une mobilité décarbonée, soit par obligation, soit dans une optique d'anticipation. Les différences se font selon les contraintes appliquées par les communes (pollution, volonté de zéro émission, bruit, etc.).

Au fil des entretiens, les motivations pour le choix d'une énergie décarbonée ont mis en lumière des prises de position diverses. Plus précisément, l'importance du TCO a souvent été relativisée par rapport aux « bénéfices » retirés en termes d'image et de marketing en choisissant une énergie décarbonée innovante. Ce choix relevant d'une stratégie propre à chaque entreprise, il a été décidé que l'importance accordée au marketing par rapport au TCO serait renseignée par les collectivités et entreprises concernées.

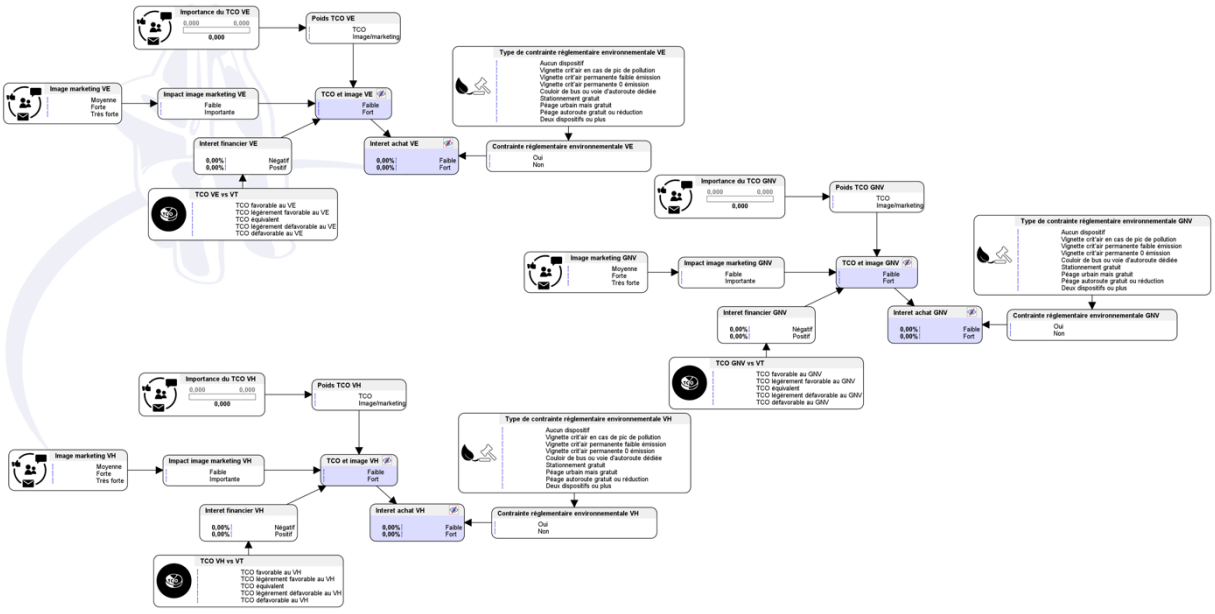


Figure 4 : Structure de la composante « intérêt d'achat »

2.1.4. Composante « contexte local »

L'objectif de cette composante est de mettre en évidence les facteurs locaux favorisant ou non les énergies décarbonées.
Le contexte local est constitué en plusieurs sous-ensembles.

- Un sous-ensemble correspondant à la situation énergétique dans la commune, et ses communes environnantes, avec la prise en compte de la situation actuelle, et de son potentiel énergétique, pour chacune des énergies (électricité pour l'électrique batterie et l'hydrogène, et la biomasse, la station d'épuration pour le bioGNV).

- Un sous-ensemble relatif aux volontés politiques qui ont été mises en exergue lors des entretiens, ainsi que certaines spécificités locales comme la présence d'entreprises spécialisées dans une énergie décarbonée (production, distribution, véhicules, …).
- La présence ou non de bassin industriel produisant de l'hydrogène fatal, ou la présence de production locale de biométhane.

L'objectif ici est d'identifier les potentialités énergétiques et économiques des territoires selon les énergies, et d'optimiser les mobilités dans une démarche de circuit-court.

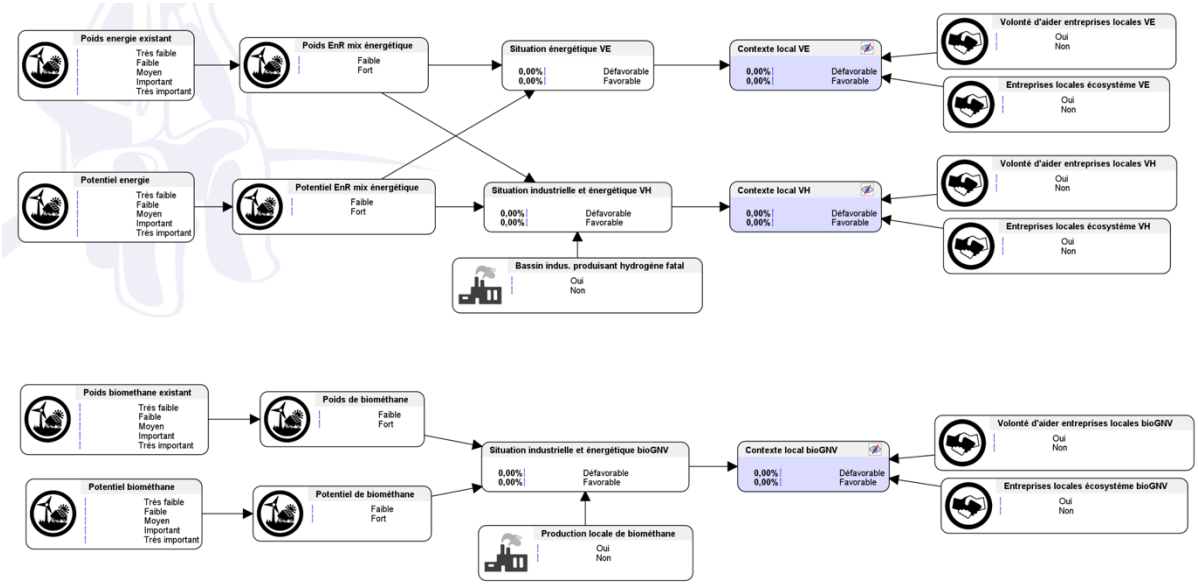


Figure 5 : Structure de la composante « contexte local »

2.1.5. Pondération des variables entrant dans le système expert

Le poids des variables a été déterminé en s'appuyant sur les avis donnés par les experts consultés et les grands acteurs, lors des entretiens, ainsi que sur leurs réponses aux questions que nous leur avons posées à ce sujet.
Cependant, pour la composante « intérêt d'achat », il a été jugé plus pertinent de laisser la collectivité ou l'entreprise décider du poids accordé au TCO par rapport aux bénéfices qu'elle retire en termes d'image associée au type d'énergie décarbonée.

2.1.6. Intégration de différentes dimensions spatiales dans la détermination du potentiel territorial en faveur d'une énergie

Dans le cadre de la composante ravitaillement, différentes distances à la commune étudiée sont prises en compte. Ainsi, pour la recharge des véhicules électrique-batterie, s'il n'existe pas de point de recharge dans la station, la recherche est étendue à une zone de 10 km à vol d'oiseau à partir des limites de la commune, et si besoin, à 20 km et 30 km.
Le même protocole est appliqué au ravitaillement en bioGNV.
Dans le cas de l'hydrogène, la capacité journalière est évaluée en prenant en compte la capacité d'hydrogène (en kg) des stations situées dans un périmètre de 20 km pour les véhicules légers, et de 30 km pour les véhicules lourds.

2.2. Mode d'emploi du système expert MODESTE

A la différence de CATIMINI, il n'y a pas de sortie de résultat automatique à partir d'un tableau de données sur les communes. Le système expert fonctionne en partie en mode interactif. L'utilisateur – référent d'une commune ou d'une entreprise – doit en effet renseigner les variables de deux composantes sur quatre ; pour la composante « offre de véhicules » : la présence/absence de chaque catégorie de véhicules de la flotte, le nombre de kilomètres parcourus chaque jour par type de véhicules, et pour la composante « intérêt pour l'achat d'un véhicule » : l'importance du TCO par rapport à l'importance de l'image-marketing, et le type de contrainte environnementale.

Le système expert est en libre accès sur la page dédiée à l'étude MODESTE : https://www.geomobinn.fr/etude-modeste/

L'évaluation de l'adéquation des trois énergies décarbonées aux besoins de la collectivité s'opère en couplant les informations des modules : « Les cartographies » et « Les simulations ».

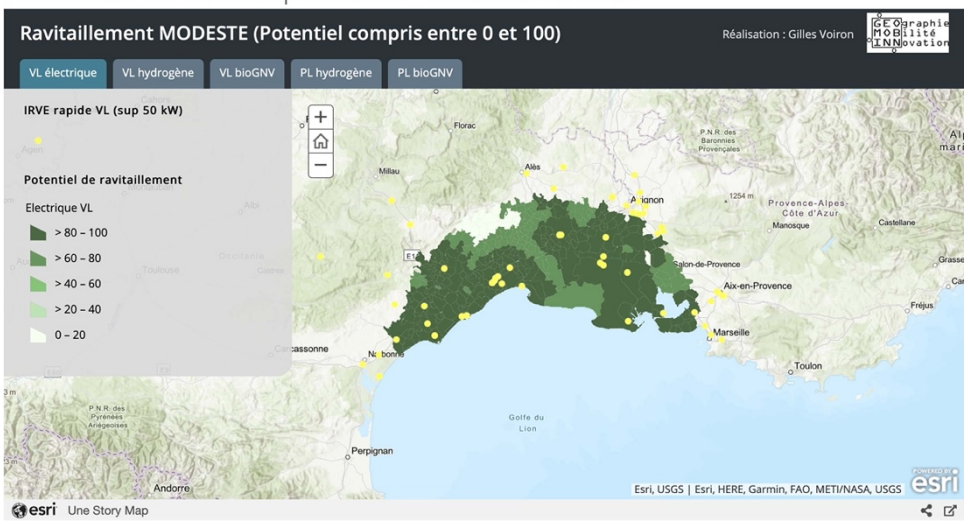
2.2.1. Utilisation des cartographies

La page https://www.geomobinn.fr/cartographies-modeste/ donne les résultats des composantes « ravitaillement » et « contexte local ». Ces résultats se présentent sous la forme de cartes interactives, à partir d'onglets, permettant une comparaison rapide et efficace des résultats.

La facilité du ravitaillement pour l'énergie considérée est cartographiée dans la zone d'étude, selon 5 classes de valeurs comprises entre 0 et 100.

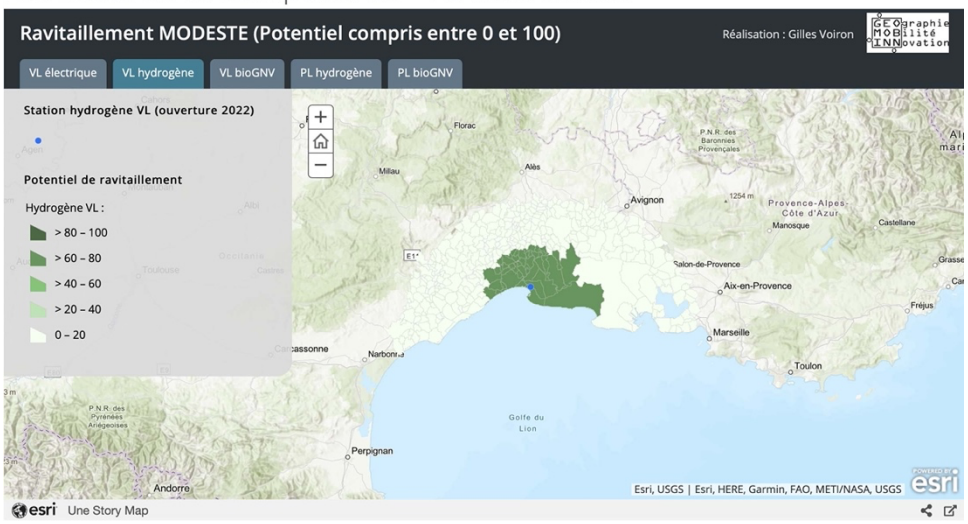
Résultats pour les véhicules légers électriques :

Résultats de la composante « Ravitaillement »



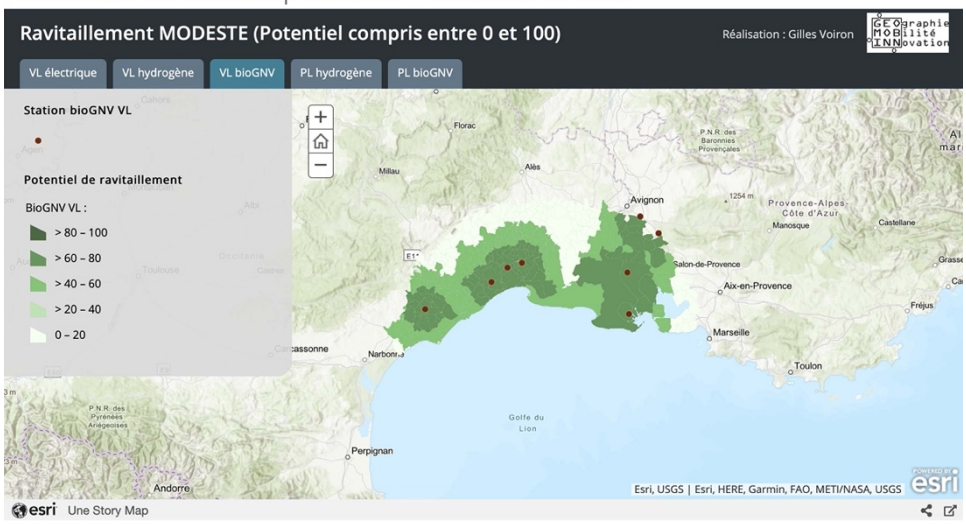
Résultats pour les véhicules légers hydrogène :

Résultats de la composante « Ravitaillement »



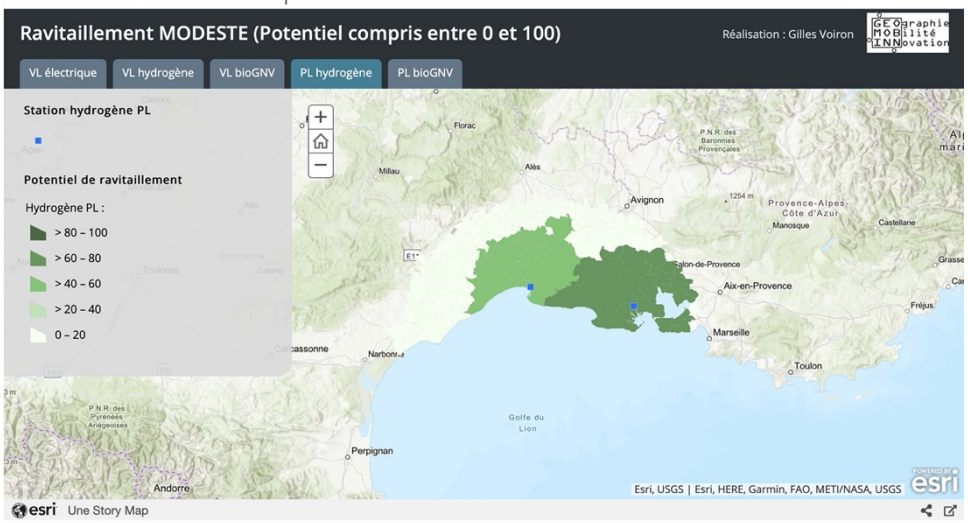
Résultats pour les véhicules légers bioGNV :

Résultats de la composante « Ravitaillement »



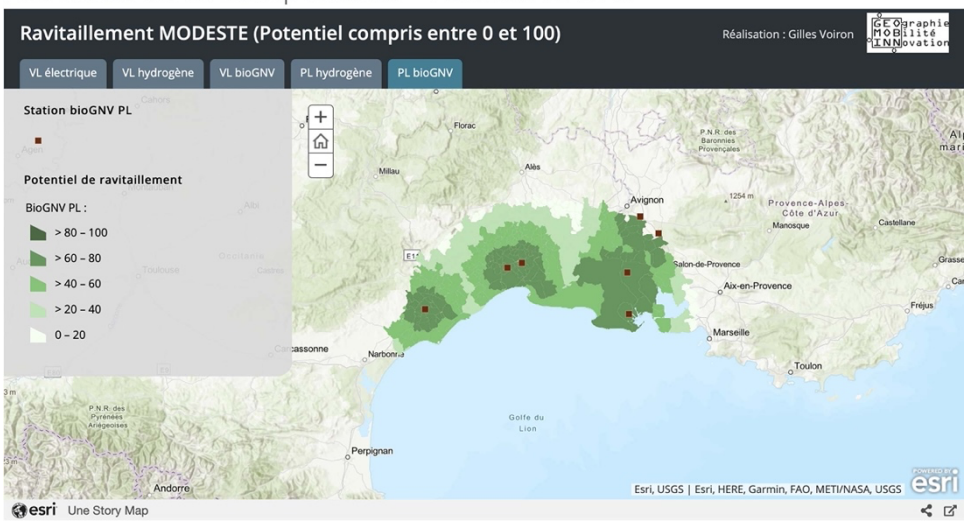
Résultats pour les poids-lourds hydrogène :

Résultats de la composante « Ravitaillement »

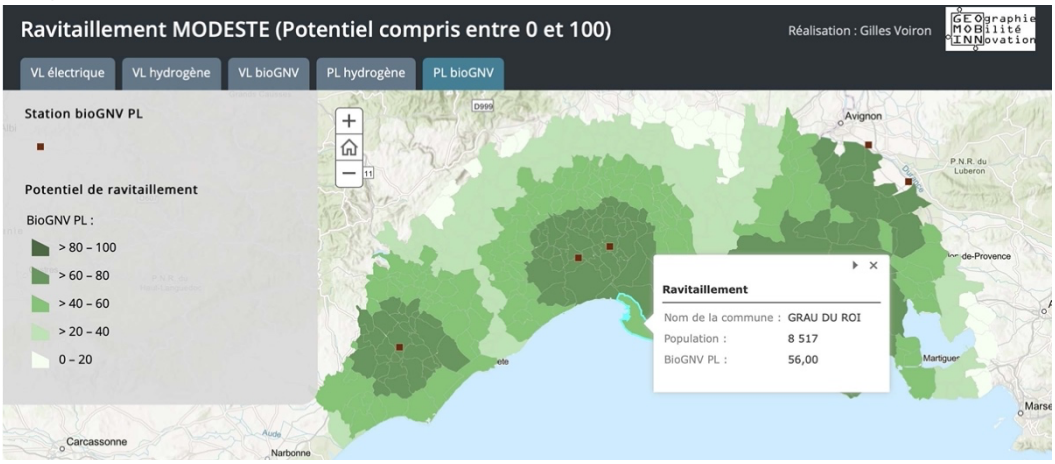


Résultats pour les poids-lourds bioGNV :

Résultats de la composante « Ravitaillement »



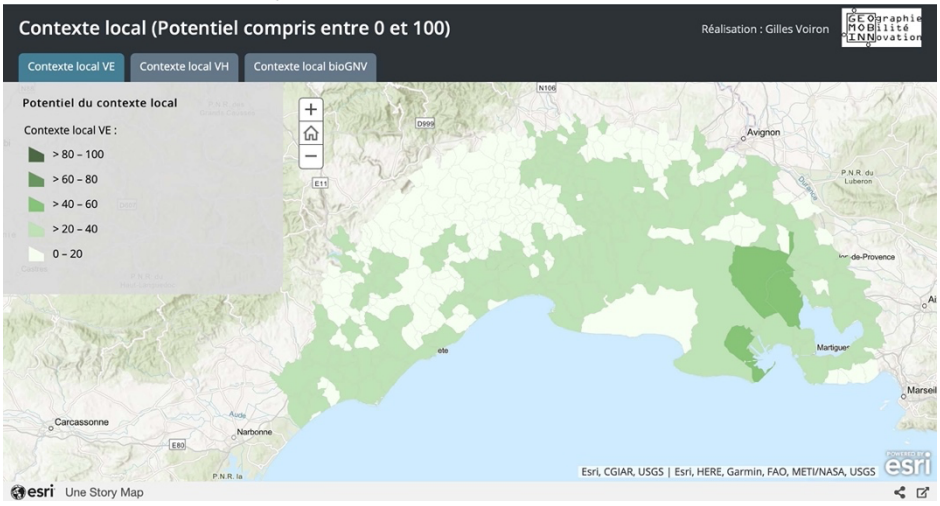
Des précisions peuvent être obtenues en cliquant sur des lieux de la zone d'étude. Apparaissent alors les informations concernant le nom de la commune, sa population et le résultat de la facilité de la recherche pour l'énergie considérée dans cette commune :



Résultats de la composante locale pour chaque énergie décarbonée

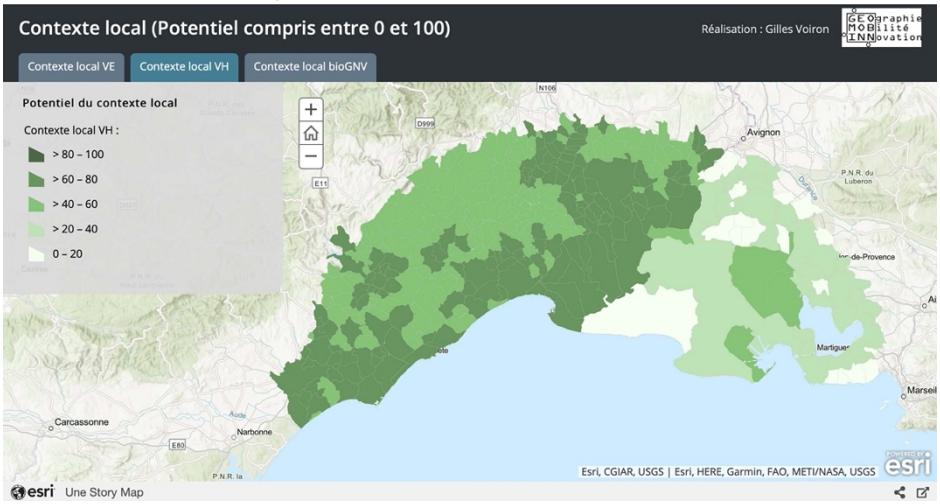
Mobilité électrique :

Résultats de la composante « Contexte local »



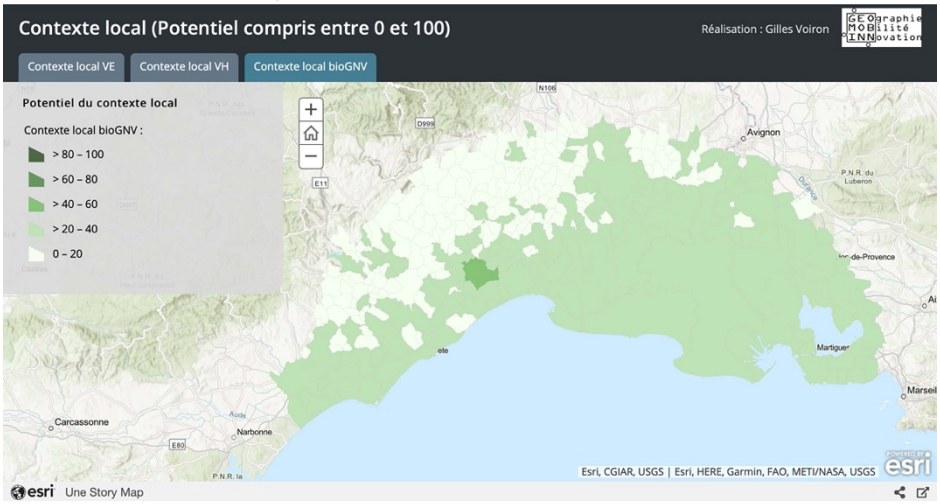
Mobilité hydrogène :

Résultats de la composante « Contexte local »



Mobilité bioGNV :

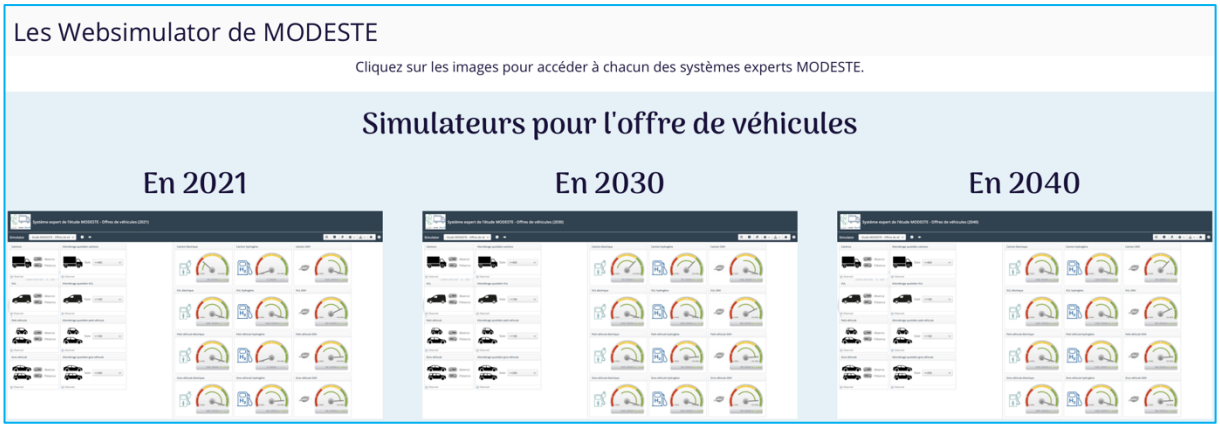
Résultats de la composante « Contexte local »



2.2.2. L'évaluation des composantes « offre de véhicules » et « intérêt d'achat de véhicules décarbonés » en mode interactif via les websimulator de MODESTE

A la différence des deux précédentes composantes, l'utilisateur va devoir renseigner les variables de ces deux composantes. Les résultats vont donc dépendre des options et des valeurs choisies/testées par l'utilisateur.

Les websimulateurs pour la composante « offre de véhicules »



Les informations sur les véhicules diffèrent fortement d'une entreprise à l'autre. C'est la raison pour laquelle ces données doivent être renseignées de façon interactive dans les websimulator de Bayesia.
Les règles de connaissances de l'offre et de l'autonomie des véhicules électriques, hydrogènes et bioGNV ont été conçues à partir des informations disponibles sur les sites internet spécialisés.
Pour l'horizon 2030, et l'horizon 2040, les règles de connaissances sont issues des entretiens avec les experts et des différentes littératures prospectives.
Les systèmes experts ont été créés pour être simples d'utilisation et facilement compréhensibles. Ainsi, il suffit d'indiquer s'il y a « présence ou absence » du type de véhicules, et de renseigner la distance journalière moyenne parcourue par type de véhicule concerné.

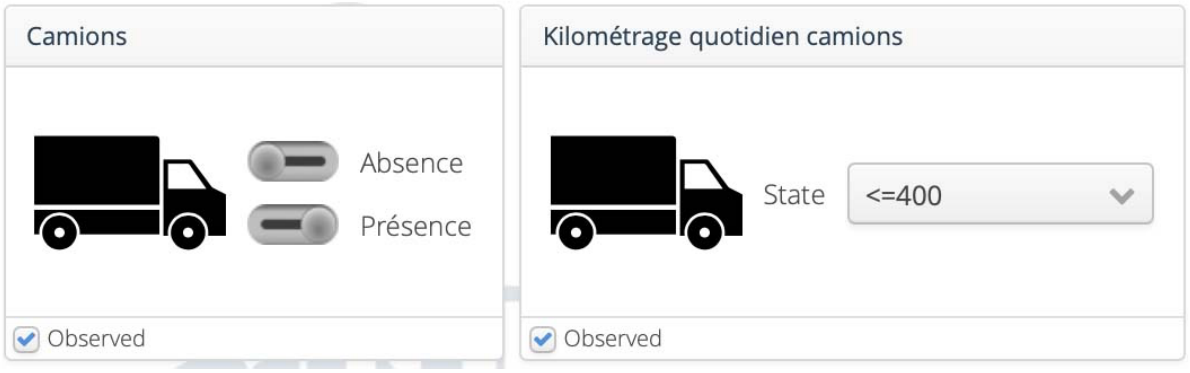
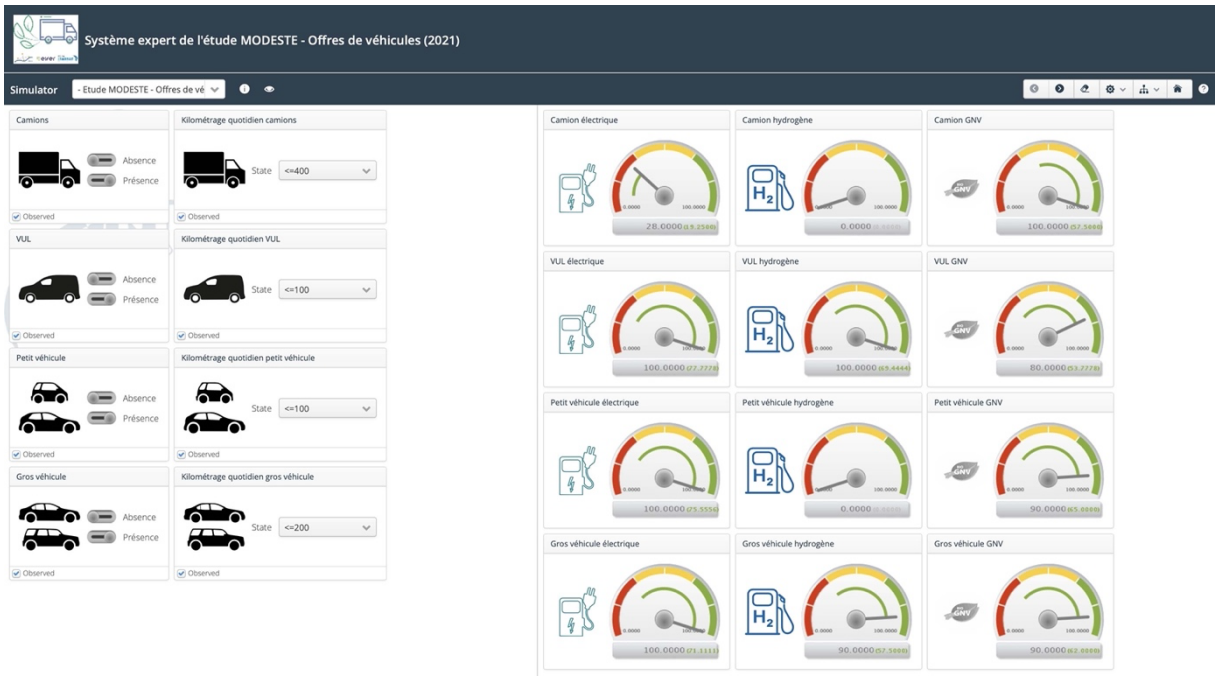


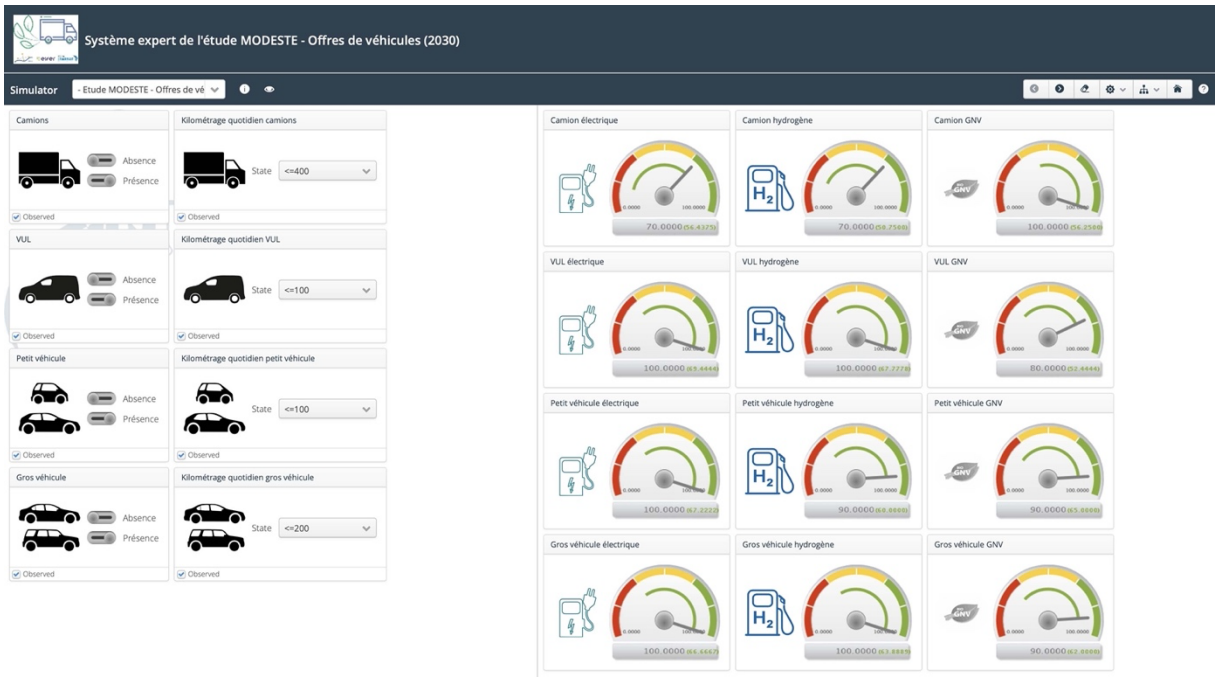
Figure 6 : Exemple de choix : présence de camions, et distance journalière entre 300 et 400 km.

Les résultats sont visibles de façon dynamique et interactive, sur la partie droite (jauge de rouge à vert) et se modifient instantanément, au fur et à mesure des entrées des paramètres.

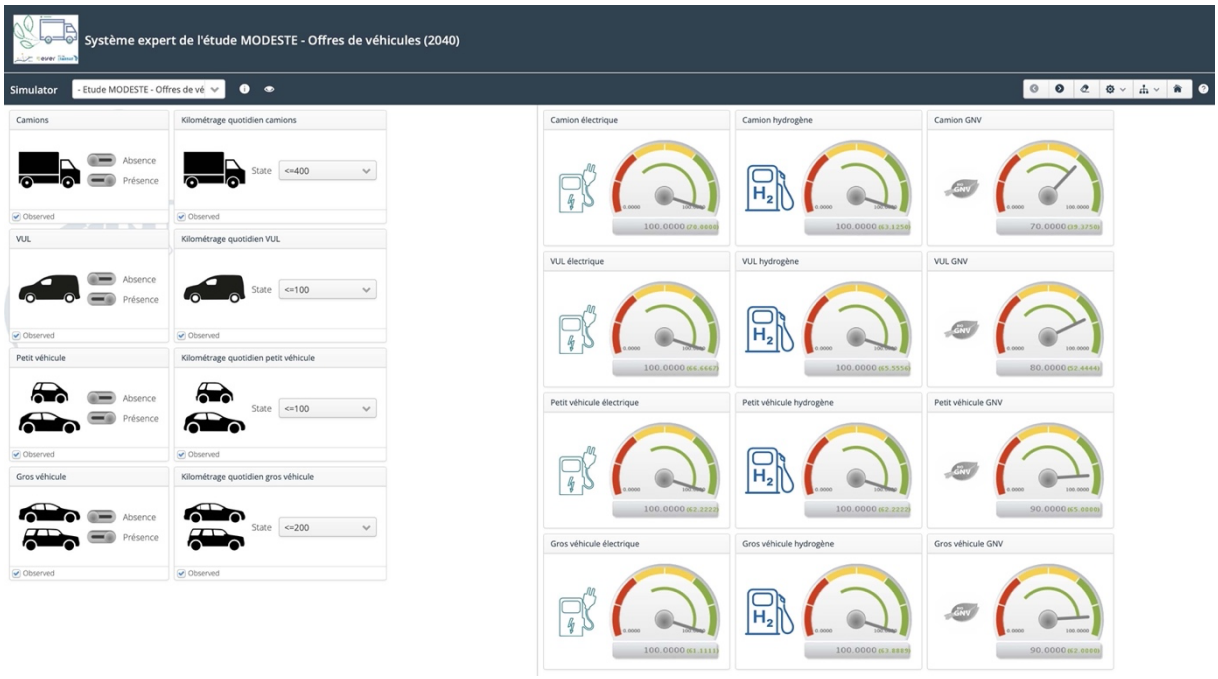
Offre de véhicules en 2021



Offre de véhicules en 2030

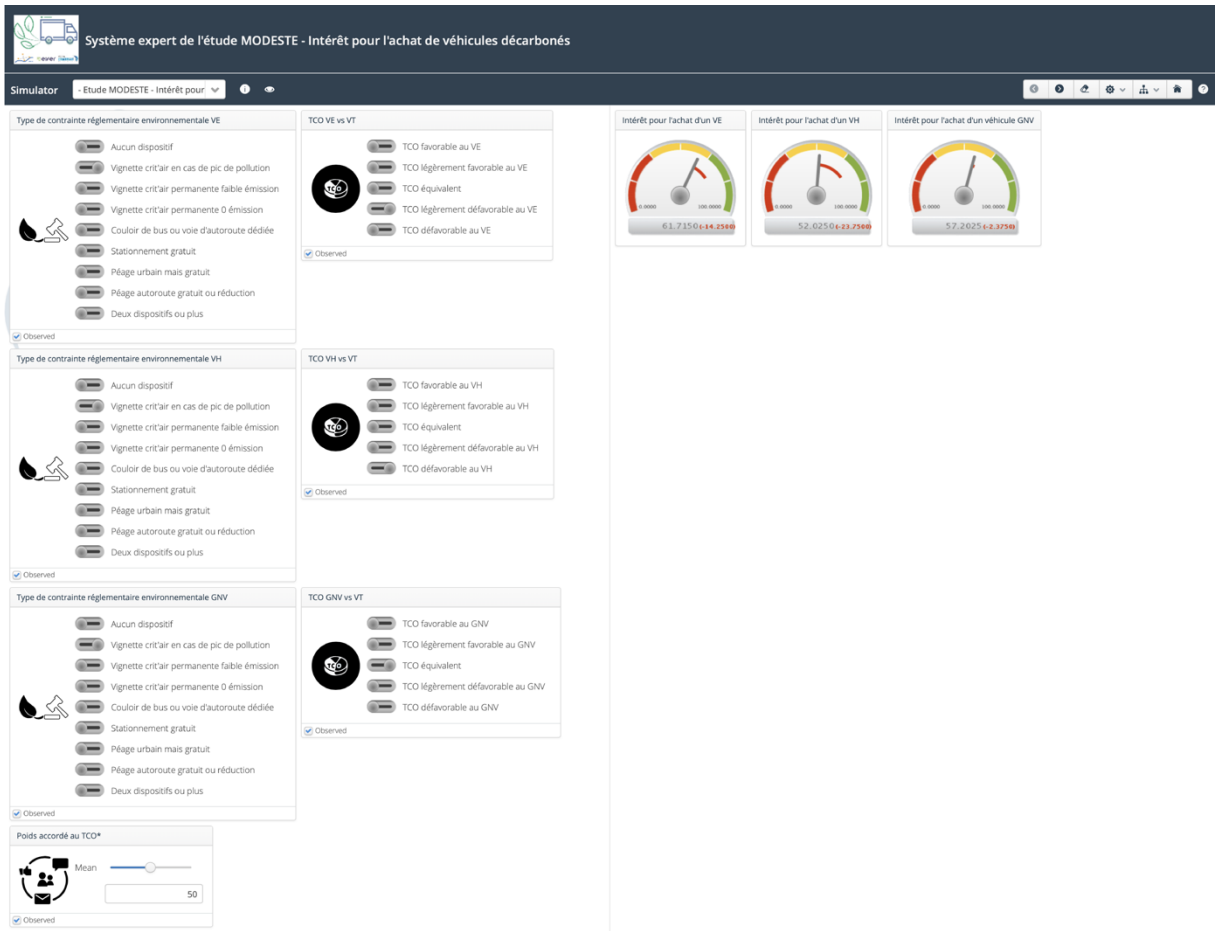


Offre de véhicules en 2040



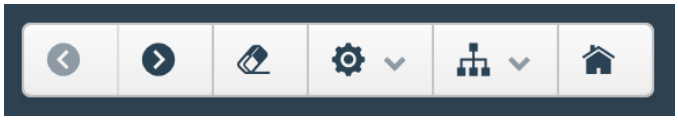
Les websimulateurs pour la composante « Intérêt pour l'achat de véhicules décarbonés »

Les rubriques relatives à cette composante sont à renseigner selon le même principe.



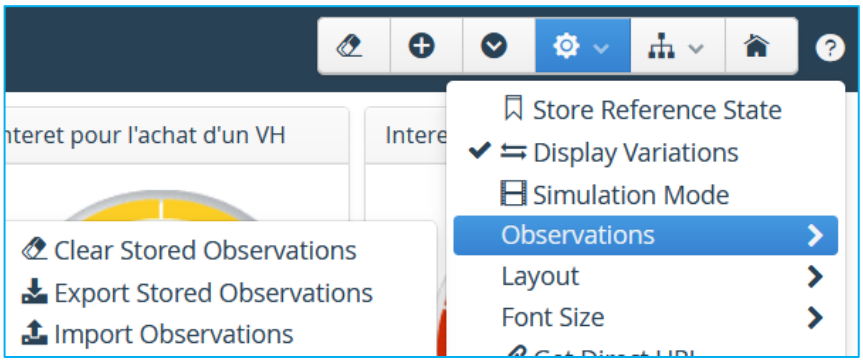
Fonctionnement des websimulator :

Des paramètres sont déjà rentrés dans les websimulator. Vous pouvez changer d'observations avec les flèches.

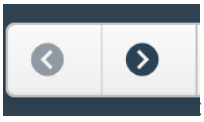


Les icônes situées en haut à droite des websimulator offrent certaines possibilités :

- Sauvegarder les variables renseignées, à partir de la petite croix
- Exporter et importer en fichier.txt les options renseignées (Import Observations and Export Stored Observations) :



- Accéder aux résultats des précédentes simulations :



Différents cas d'application du système expert de MODESTE sont présentés en annexe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADEME, BENITA D., AJBD, FAYOLLE D., (2018), Panorama et évaluation des différentes filières d'autobus urbains, 100 p.

ADEME – SCEV Projet SINOE, juillet 2021, Suivi des versions de SINOE® Déchets, 34 p.

ADEME Direction Languedoc Roussillon, (2015), La méthanisation en Languedoc Roussillon – perspectives 2030, 12 p.

AFHYPAC, (2020), Comment déployer des bus à hydrogène en France ? Livre blanc, 60 p.

CGDD, (2018), Analyse coûts bénéfices des véhicules électriques – Les autobus et autocars, THEMA, 66 p.

DBUS et Syndicat des Mobilités Pays Basque – Adour, (2021), Rapport final sur l'utilisation de bus 100 % électriques à Bayonne et Saint-Sébastien, programme Interreg projet E-MOBASK (2018-2020), www.communaute-paysbasque.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/Mobilites/A_telecharger/Rapport_final_sur_l_utilisation_de_bus_100__electriques_a_Bayonne_et_Saint-Se__bastien.pdf

FNTV, ADEME, Régions de France, (2018), Quelles filières énergétiques pour les autocars ?, 52 p.

GRAINDORGE G., (2019), Filières énergétiques des autobus urbains : comment faire le bon choix ?, Techni.Cités, 09/05/2019.

GRDF, *Pour votre flotte de véhicules, pensez GNV !*, guide pratique. www.grdf.fr/acteurs-gnv/guide-gnv-biognv

LARA H., (2020), « Comment Marseille va convertir 100% de ses bus à l'électrique », Revue *Automobile propre*, www.automobile-propre.com/comment-marseille-va-convertir-100-de-ses-bus-a-lelectrique/

TENERRDIS, (2018), Rapport final de la phase 1 du projet HyWay, www.tenerrdis.fr/uploads/2017/04/rapport-final-hyway-public.pdf

Transbus.org (2021), Dossier thématique Bus propre – énergie alternative, www.transbus.org/dossiers/autocars-faibles-emissions.html

VERBEKE L., (2019), « Amiens accueille le plus gros réseau de BHNS d'Europe », Techni.Cités, 23/05/2019.

Véhicules GNV, GAZ-MOBILITE, https://www.gaz-mobilite.fr/actus/vehicule-gnv/

Voiture hydrogène, h2-mobile, https://www.h2-mobile.fr/vehicules/voiture-hydrogene/

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

CARTES

Carte 1 : Potentiel communal de la facilité de la recharge en bioGNV 9
Carte 2 : Potentiel communal de basculement vers le bioGNV 10
Carte 3 : Potentiel communal de la composante « intérêt d'achat pour un véhicule bioGNV » 11
Carte 4 : Potentiel communal lié au contexte local favorable au bioGNV 12
Carte 5 : Potentiel global d'adhésion au bioGNV 13
Carte 6 : Cartographie des cinq classes résultant de la CAH 18

FIGURES

Figure 1 : Les composantes du système expert appliqué à la mobilité bioGNV 8
Figure 2 : Structure de la composante « ravitaillement » 20
Figure 3 : Structure de la composante « offre de véhicules » 24
Figure 4 : Structure de la composante « intérêt d'achat » 25
Figure 5 : Structure de la composante « contexte local » 26
Figure 6 : Exemple de choix : présence de camions, et distance journalière entre 300 et 400 km. 31

TABLEAUX

Tableau 1 : Immatriculations de véhicules neufs en 2020 (sources : SDES, RSVERO) 21
Tableau 2 : Appréciation de la quantité de véhicules à énergie décarbonée, en 2021 21
Tableau 3 : Appréciation de la quantité de véhicules à énergie décarbonée, en 2030 23

SIGLES ET ACRONYMES

GNV	Gaz Naturel pour Véhicules
PL	Poids Lourds
VE	Véhicule Electrique
VP	Véhicule Particulier
VUL	Véhicule Utilitaire Léger

Annexe : Cas d'étude

Cas d'étude n°1

Une petite entreprise ou une petite collectivité envisage de renouveler/acheter des VUL et des petits véhicules à énergie décarbonée, destinés à différents usages :

a) VUL pour des trajets journaliers compris entre 50 et 100 km en intra-urbain
b) VUL pour des trajets journaliers compris entre 300 et 400 km en inter-urbain et en rural
c) petits véhicules pour des trajets quotidiens inférieurs à 100 km

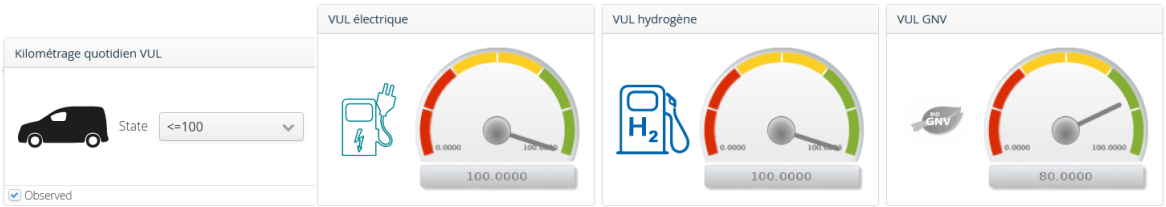
L'entreprise se montre attentive à l'écosystème territorial local, et sensible à l'utilisation d'une énergie produite localement ainsi qu'au développement d'une économie circulaire.

- **Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021-2022**

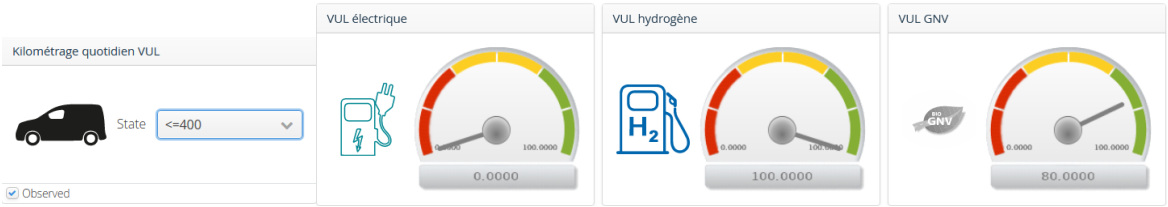
Rubriques du module « offre de véhicules » à renseigner dans le websimulator de MODESTE

- Déterminer le kilométrage à faire selon les cas d'usages et renseigner les rubriques pour les différents cas d'usage pris séparément

Résultats pour les VUL

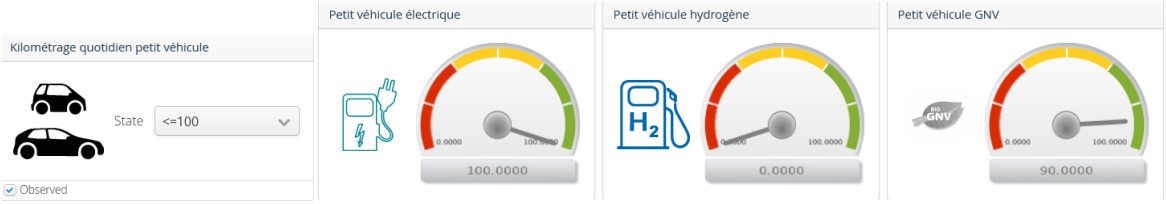


Concernant un kilométrage journalier inférieur à 100 km, l'offre de véhicules est à 100% compatible pour l'électrique et l'hydrogène ; à 80% pour le bioGNV parce que toutes les tailles de VUL ne sont pas actuellement disponibles avec ce carburant.



Pour un kilométrage entre 300 et 400 km, l'offre en VUL électrique n'est pas en adéquation avec les besoins, en termes d'autonomie (potentiel VUL électrique à 0). Le potentiel de l'hydrogène est en revanche de 100, et celui du bioGNV de 80

Résultats pour les petits véhicules pour des trajets de moins de 100 km



L'électrique obtient le potentiel maximal, l'hydrogène a un potentiel nul car il n'existe pas, à ce jour, de pour ce type de véhicule. Le potentiel du bioGNV est élevé (90) mais l'offre de véhicules est légèrement inférieure à celle de l'électrique.

Rubriques de la composante « intérêt pour l'achat d'un véhicule décarboné » à renseigner dans le websimulator

L'étude de cas concerne un territoire où des contraintes de restriction de circulation des véhicules polluants n'existent qu'en cas de pic de pollution.

Option 1 testée - L'entreprise attache au TCO une importance moyenne par rapport à l'image que renvoie un véhicule décarboné. Le poids du TCO est ainsi évalué à **50**

L'entreprise estime que :

- Pour le véhicule électrique, le TCO est légèrement défavorable par rapport à un véhicule thermique
- Pour le véhicule hydrogène, le TCO est fortement défavorable à un véhicule thermique
- Pour le véhicule bioGNV, le TCO est équivalent à un véhicule thermique

Les résultats correspondent à un intérêt s'élevant à :
42% pour le véhicule électrique
37% pour le véhicule hydrogène
40% pour le véhicule bioGNV

Option 2 testée - Dans le contexte économique actuel, lié à la crise sanitaire, l'importance du TCO par rapport à l'image est reconsidérée. L'entreprise accorde à présent une plus grande importance au TCO, de l'ordre de **80** contre 50 auparavant.

Avec ce nouveau paramètre, les résultats correspondent à :
34% pour le véhicule électrique
24% pour le véhicule hydrogène
38% pour le véhicule bioGNV

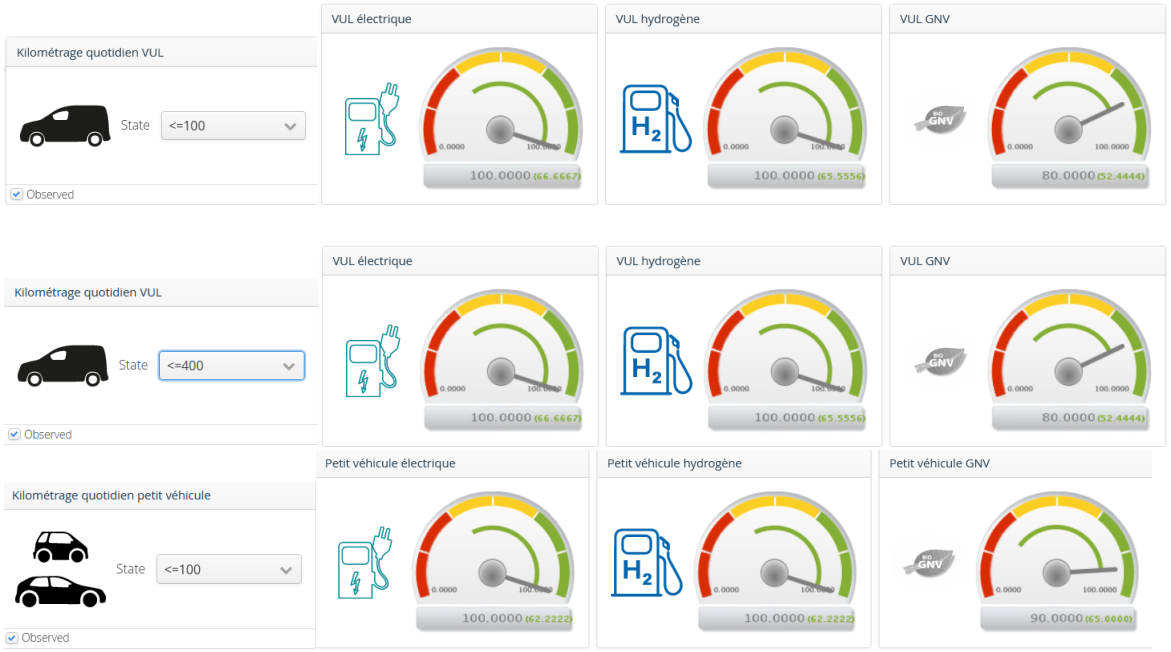
Option 3 testée - Pour s'ouvrir de nouveaux marchés lors des appels d'offre, l'entreprise souhaite opter pour des véhicules bas carbone et accorde moins d'importance au TCO (importance de **25**).

Avec ce nouveau paramètre, les résultats correspondent à :
49% pour le véhicule électrique
49% pour le véhicule hydrogène
41% pour le véhicule bioGNV

- **Analyse prospective sur l'offre de véhicule et l'intérêt d'achat**

Offre de véhicules en 2030

Offre de véhicules en 2040



Tous les types de véhicules sont désormais disponibles pour les trois énergies. Les potentiels sont à 100 pour l'électrique batterie et hydrogène dont l'offre concurrence fortement sur ces segments les véhicules GNV (potentiel à 80 et à 90).

L'intérêt d'achat

L'utilisation des véhicules, dans le futur, est examinée en envisageant des réglementations environnementales plus drastiques telles que des ZFE faible émission permanentes. Cette analyse est pertinente pour l'entreprise dont une partie des VUL roule quotidiennement en intra-urbain.
En gardant les mêmes valeurs du TCO par rapport au VT, et un poids accordé au TCO à 25, les résultats correspondent à :
77% pour le véhicule électrique
77% pour le véhicule hydrogène
65% pour le véhicule bioGNV

Si les ZFE n'autorisent que des véhicules zéro émission, les valeurs pour les véhicules électriques et hydrogènes ne changent pas, par contre, les véhicules bioGNV ne seraient plus admis, la valeur tombe à 0.

- **Examen des cartes de potentiel pour le ravitaillement**

Selon la localisation de la commune où se situe l'entreprise, le potentiel de ravitaillement sera différent. Le potentiel de quatre communes situées dans le périmètre d'étude de MODESTE est analysé à titre d'exemples :

- Saint Gilles, dans le Gard. Le potentiel pour un véhicule léger électrique est de 90 ; pour un véhicule léger hydrogène, il est de 80, et pour un véhicule léger bioGNV, le potentiel est nul car cette commune est située à plus de 20 km d'une station bioGNV.
- Marsillargues, dans l'Hérault : les valeurs du potentiel sont : VL électrique : 90 ; VL hydrogène : 80 et VL bioGNV : 72.
- Saint-Aunes, dans l'Hérault : les valeurs du potentiel sont : VL électrique : 90 ; VL hydrogène : 80 et VL bioGNV : 79. Bien que cette commune possède une station bioGNV, celle-ci est réservée aux abonnés.
- Saintes-Maries-de-la-Mer : les valeurs du potentiel sont : VL électrique : 70 ; VL hydrogène : 80 et VL bioGNV : 56.

  Les facilités de ravitaillement en bioGNV sont donc fort variables selon la distance des communes à la station la plus proche, et selon les modalités d'accès à la station.

- **Examen des cartes de potentiel pour la composante « contexte local »**

La politique de la région Occitanie en faveur de l'hydrogène se traduit dans les valeurs élevées de son potentiel, et explique l'écart existant avec les communes voisines de la région PACA. Le bioGNV ne bénéficie pas du même engagement des institutions locales en sa faveur. La dynamique actuelle du consortium SEVEN n'est pas encore à la hauteur des ambitions affichées. Le bioGNV et l'électrique sont à un niveau sensiblement égal.

Saint-Gilles : potentiel électrique (30) ; potentiel hydrogène (65) ; potentiel bioGNV (25)
Marsillargues : potentiel électrique (25) ; potentiel hydrogène (63) ; potentiel bioGNV (25)
Saint-Aunes : potentiel électrique (21) ; potentiel hydrogène (60) ; potentiel bioGNV (20)
Saintes-Maries-de-la-Mer : potentiel électrique (15) ; potentiel hydrogène (15) ; potentiel bioGNV (25), valeur qui s'explique par un potentiel fort en biométhane.

Cas d'étude n°2

Une collectivité envisage de développer la desserte de son centre-ville par des navettes de minibus ou de midibus, et réfléchit à la mise en service, à plus ou moins long terme, d'un TAD en intra-urbain avec quelques gros véhicules légers.

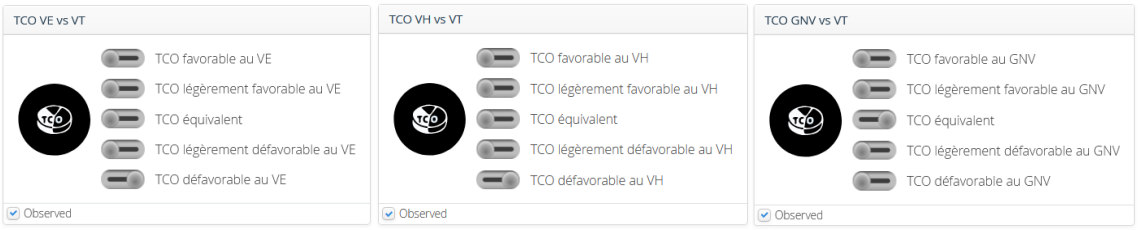
Tous les véhicules seraient ravitaillés en dépôt.
La collectivité est sensible à la politique énergétique de la Région.

- **Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021-2022, et après 2030**

En 2021, pour le segment minibus/midibus, l'offre électrique batterie est supérieure à celle du GNV, et très faible pour l'hydrogène.
En 2030 et au-delà, on estime que pour le segment minibus/midibus, l'offre électrique batterie sera toujours supérieure à celle du GNV et vraisemblablement à celle de l'hydrogène, le carburant hydrogène étant privilégié pour des bus de plus grande taille.

1) La collectivité se situe en zone ZFE, le paramètre retenu concernant le type de contrainte environnementale est « Vignette crit'air permanente faible émission ».

Les TCO des 3 énergies par rapport aux véhicules diesels classiques sont :
TCO défavorable au VE
TCO défavorable au VH
TCO équivalent pour le GNV



Option 1 :
Le poids accordé par la collectivité au TCO est de 100.

Résultats :

Le potentiel du bioGNV se détache nettement de celui des deux autres énergies.

Option 2 :
Le poids accordé au TCO (par rapport aux bénéfices retirés en termes d'image (engagement environnemental, innovation) est de 50.

Résultats :

Les écarts de valeurs se sont réduits, et ce plus particulièrement pour l'hydrogène.

Option 3 :
L'importance allouée au TCO est minorée par rapport à l'image environnementale exemplaire et innovante que souhaite promouvoir la collectivité : le poids accordé au TCO est de 30.

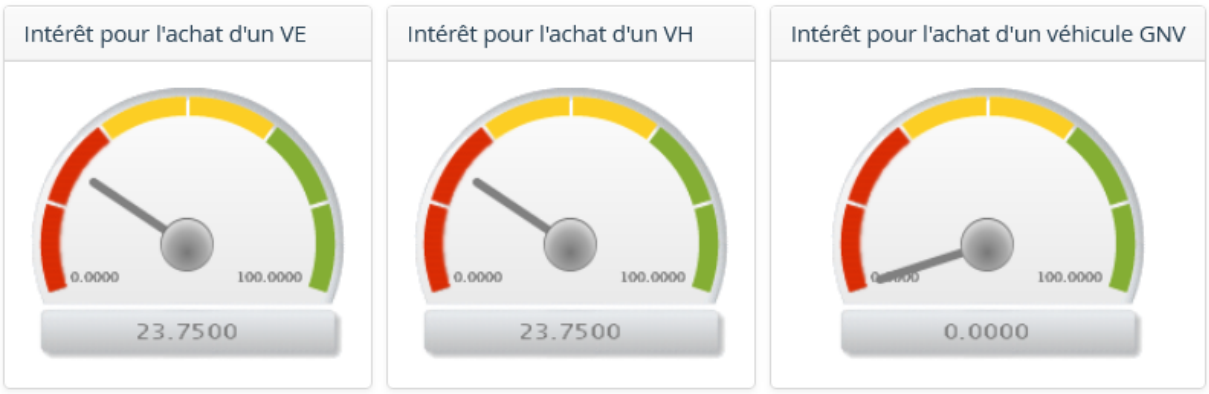
Résultats :

Les résultats sont à présent plus favorables à l'hydrogène et à l'électrique.

2) La collectivité se situe en zone ZFE 0 émission, le paramètre retenu dans le websimulator est « Vignette crit'air permanente 0 émission ».

Option 1 :
Le poids accordé au TCO est de **100**.

Résultats :



Une réglementation qui changerait la ZFE permanente en une ZFE zéro émission aurait des incidences majeures sur le potentiel du bioGNV, cette réglementation interdisant l'utilisation de véhicules roulant au GNV (potentiel à 0). Les deux autres potentiels sont sensiblement équivalents, mais sont encore faibles.

Option 2 :
Le poids accordé au TCO est de **50**.

Résultats :

Option 3 :
Le poids accordé au TCO est de **30**.

Résultats :

L'intérêt d'achat pour les véhicules hydrogènes et électriques augmente fortement, dès que le poids accordé au TCO diminue.

- **Examen des dimensions « ravitaillement » et « contexte local »**

Ayant choisi de ravitailler ses véhicules en dépôt, la collectivité doit intégrer dans sa réflexion, les coûts supplémentaires induits par les infrastructures nécessaires au ravitaillement selon les énergies, ainsi que les aménagements éventuels à réaliser pour être en conformité avec les normes de ravitaillement en dépôt.

Le contexte local auquel la collectivité se dit être attentive est également à examiner sur la carte des potentiels de cette composante, en fonction de sa localisation.

Cas d'étude n°3

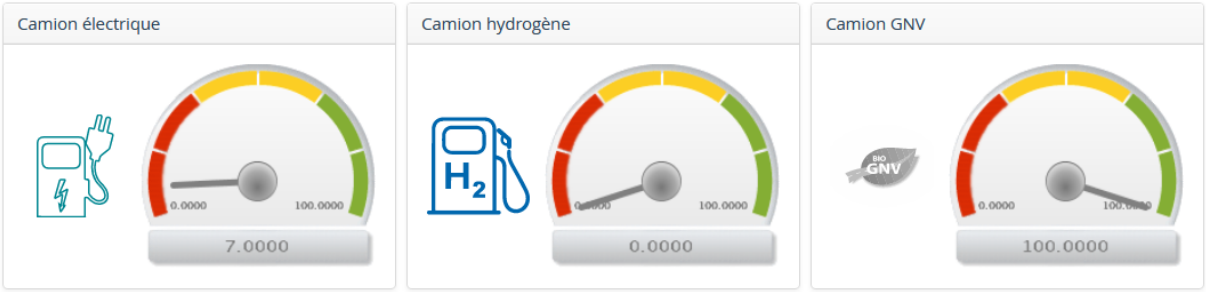
Une entreprise de taille moyenne, appartenant au secteur des services, et ayant pour activité la conception de parcs et jardins et l'entretien des jardins des espaces publics et privés, souhaite renouveler rapidement toute sa flotte de véhicules en véhicules décarbonés.
Elle possède :
3 camions-bennes qui peuvent effectuer parfois de longs trajets en une journée (plus de 600 km)
4 VUL (kilométrage journalier jusqu'à 400 km)
2 gros véhicules légers (kilométrage journalier jusqu'à 400 km)

Elle est localisée dans la commune de Lunel (Hérault), et sa clientèle se situe essentiellement en milieu périurbain.

- ### Analyse en vue d'un achat de véhicules décarbonés en 2021

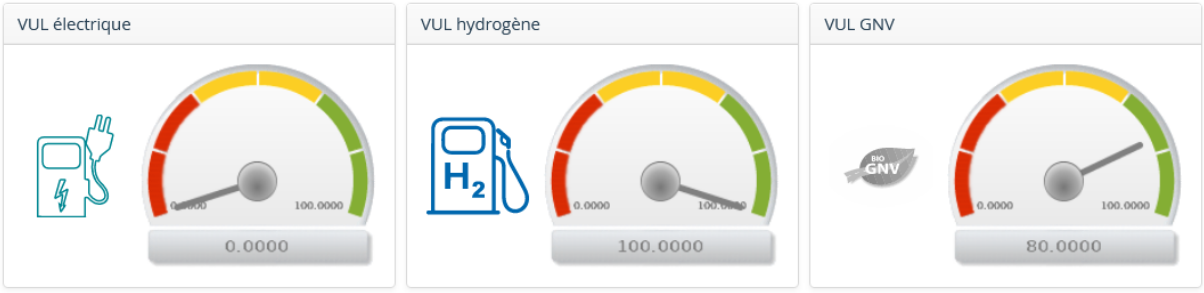
L'offre de véhicules en 2021

Pour les camions, avec un kilométrage maximum de 600 km, les résultats concernant l'offre sont les suivants :

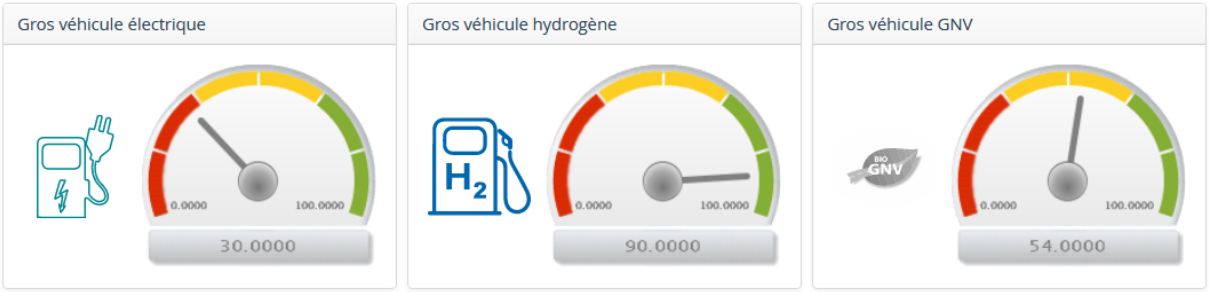


Le potentiel est clairement en faveur de camion GNV.

Pour les VUL, dont le kilométrage journalier peut atteindre 400 km, le potentiel est en faveur de véhicules hydrogènes et dans une moindre mesure de véhicules GNV.



Pour les gros véhicules, effectuant jusqu'à 400 km de trajet journalier, ce sont les véhicules hydrogènes qui se détachent.



L'intérêt d'achat

L'entreprise travaille essentiellement en milieu périurbain ou en milieu rural, le paramètre concernant le type de contrainte réglementaire environnementale est « Aucun dispositif ».

Le TCO pour les 3 énergies correspond à :
TCO légèrement défavorable au VE
TCO défavorable au VH
TCO équivalent pour le GNV

L'entreprise est soucieuse d'afficher son positionnement en matière d'innovation et de respect de l'environnement. Elle va donc tester des poids de TCO de plus en plus faibles :

Option 1 :
Le poids accordé au TCO est de 40.

Résultats :

Les résultats sont sensiblement équivalents.

Option 2 :
Le poids accordé au TCO est de **30**.

Résultats :

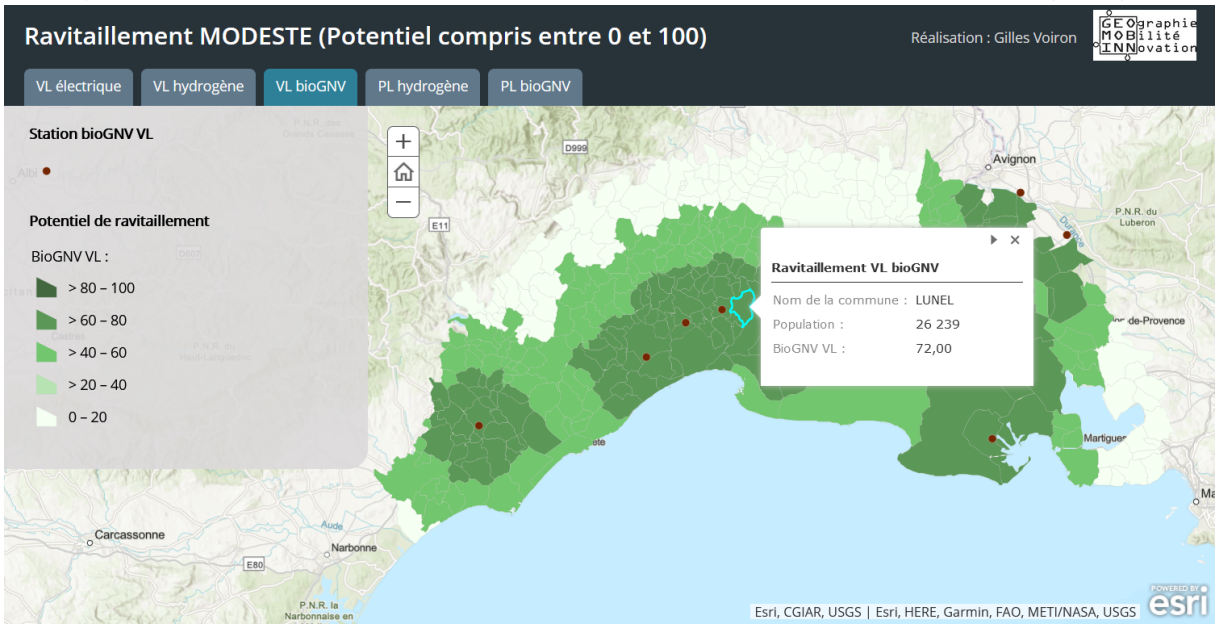
Option 3 :
Le poids accordé au TCO est de **20**.

Résultats :

Plus le poids accordé au TCO diminue en faveur de l'image environnementale et novatrice associée à l'énergie, plus le GNV voit son potentiel décroître en faveur de l'hydrogène et de l'électrique batterie.

- **Examen des cartes de potentiel pour le ravitaillement**

L'entreprise située dans la commune de Lunel souhaite continuer à se ravitailler en station publique.



Les valeurs du potentiel de ravitaillement pour les deux grands types de véhicules sont les suivantes :
VL électrique : 90
VL hydrogène : 80
VL bioGNV : 72

PL hydrogène : 48
PL bioGNV : 72

Pour l'ensemble de la flotte de l'entreprise, le potentiel de ravitaillement est actuellement en faveur du bioGNV. Toutefois, le potentiel relatif au ravitaillement en hydrogène est élevé.

- **Examen des cartes de potentiel pour le contexte local**

La dynamique porteuse liée au contexte local, telle qu'elle s'exprime dans la valeur du potentiel, est une dimension supplémentaire qui peut aider à départager les deux énergies qui se détachent dans les analyses : l'hydrogène et le bioGNV :

Potentiel en faveur de l'électrique : 30,1
Potentiel en faveur de l'hydrogène : 65,1
Potentiel en faveur du bioGNV : 25,1

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EXPERTISES

TITRE DE L'OUVRAGE XERUM SEQUO EXCES SUNTUR MAIONSEQUI OLLAUT

Résumé Remporenis denis sequi occullabo. Ut doles digendem intis restiaepedi ommolupta porio estiore excest, nullor alibus essitinte alisquo corestrum nonsedi comnisi.

Magnia quam, quae ped modipsus volores erspidit volendae voluptament hitatem hil magnimi, si re possimil magnat el ipis dolum rem et quasperum volupid isquati dolo maio et verro ex et expelis delitas enia voluptaque latur? Maximil itiaepta nonsequi.

Alis qui debis ipsandaecae min eari rem rempore scillendae nissunt eos non reicimint eati tem ea nostio cus ab ide ea quiaspelent utatem harci aute siminctum cupta ant laboritibus eum et audaectis ernam fuga. Itatet utatibus coressunt, te lacearuntius sit quatincium lab is dolles non conetur magnam aliquas.

Magnia quam, quae ped modipsus volores erspidit volendae voluptament hitatem hil magnimi, si re possimil magnat el ipis dolum rem et quasperum volupid isquati dolo maio et verro ex et expelis delitas enia voluptaque latur? Maximil itiaepta nonsequi.

Essentiel à retenir ou exergue ou discours marketing Abore doluptis isto te mil isse vendion sectur? Ibusae vit quuntio rerunt.

Itias ma nateceatate perroratur, cus, te occatur?
Cessit qui nulparc hiliqui quodignis aut ante porerorion nit etusant utemolu pidelitibus.
Soloress imusanimin pro idero volectus molorpo.

Si ce document comporte une référence ADEME et un ISBN : Changer le Code barre + Le numéro
Clic droit sur le code barre puis REMPLACER L'IMAGE ou le/les supprimer s'il n'y en a pas.

Si ce document comporte une référence ADEME et un ISBN : Changer le Code barre + Le numéro
Clic droit sur le code barre puis REMPLACER L'IMAGE ou le/les supprimer s'il n'y en a pas.