Modèle de fiabilité GE MARS

Rencontre technique du 23 mars 2023

Optimisation des Bilans Énergétiques et Fiabilité

HQD-2, document 3.2

But de la séance de travail

- Séance de travail demandée par la Régie dans sa décision procédurale D-2023-011
  - ✓ Nouvelle version du modèle MARS
  - ✓ Prise en compte des modalités des moyens de gestion et des caractéristiques des approvisionnements
  - ✓ Réévaluation du taux de réserve des moyens de gestion pour l'hiver 2022-2023
  - ✓ Poursuite des travaux afin de raffiner l'intégration des caractéristiques des moyens de gestion
- Séance de travail porte ainsi sur le modèle MARS et ses nouvelles fonctionnalités

Contenu

1 Introduction: Équipe Planification et fiabilité et modèle MARS

2 Nouvelle version du modèle MARS

3 Aperçu général du modèle de fiabilité MARS

4 Différents modules de MARS

5 Sous-module des moyens de gestion

6 Principaux résultats du modèles: indices de fiabilité

7 Exemples illustratifs

Équipe Planification et fiabilité

- L'équipe **Planification et fiabilité** est responsable de la planification des approvisionnements en électricité du Distributeur sur le réseau intégré québécois, tout en respectant les normes de conformité et les critères de fiabilité en vigueur

Introduction au modèle MARS

- Le modèle **MARS** a été développé par General Electric Gas and Power.

GE MARS permet aux planificateurs d'évaluer avec précision la capacité d'un système électrique, composé de zones interconnectées, à répondre de façon adéquate à la demande.

(Source: Traduction libre du manuel de l'utilisateur de GE MARS (p 9) v4.3.1.1796)

- Le Distributeur utilise le modèle pour calculer le **taux de réserve requise au critère de fiabilité du NPCC** (LOLE=0,1 jour/an) afin de planifier de façon optimale ses ressources en fonction de la variation de la demande et de la disponibilité des ressources.

Introduction au modèle MARS

- Le Distributeur utilise le modèle MARS dans ses analyses de fiabilité depuis **2005**, notamment pour:
  - Établir la **réserve requise** inscrite au bilan de puissance du Distributeur;
  - Produire l'**attestation de fiabilité en puissance** déposée à la Régie de l'énergie.
- Le modèle est aussi utilisé pour les analyses de fiabilité de la **zone d'équilibrage Québec** présentées au NPCC.
- MARS est utilisé par plusieurs **ISO nord-américains,** par certaines sous-régions du **NERC** et par le **NPCC** pour les analyses de fiabilité du nord-est américain.

C'est le modèle le plus utilisé pour l'adéquation des ressources dans l'industrie électrique[1]

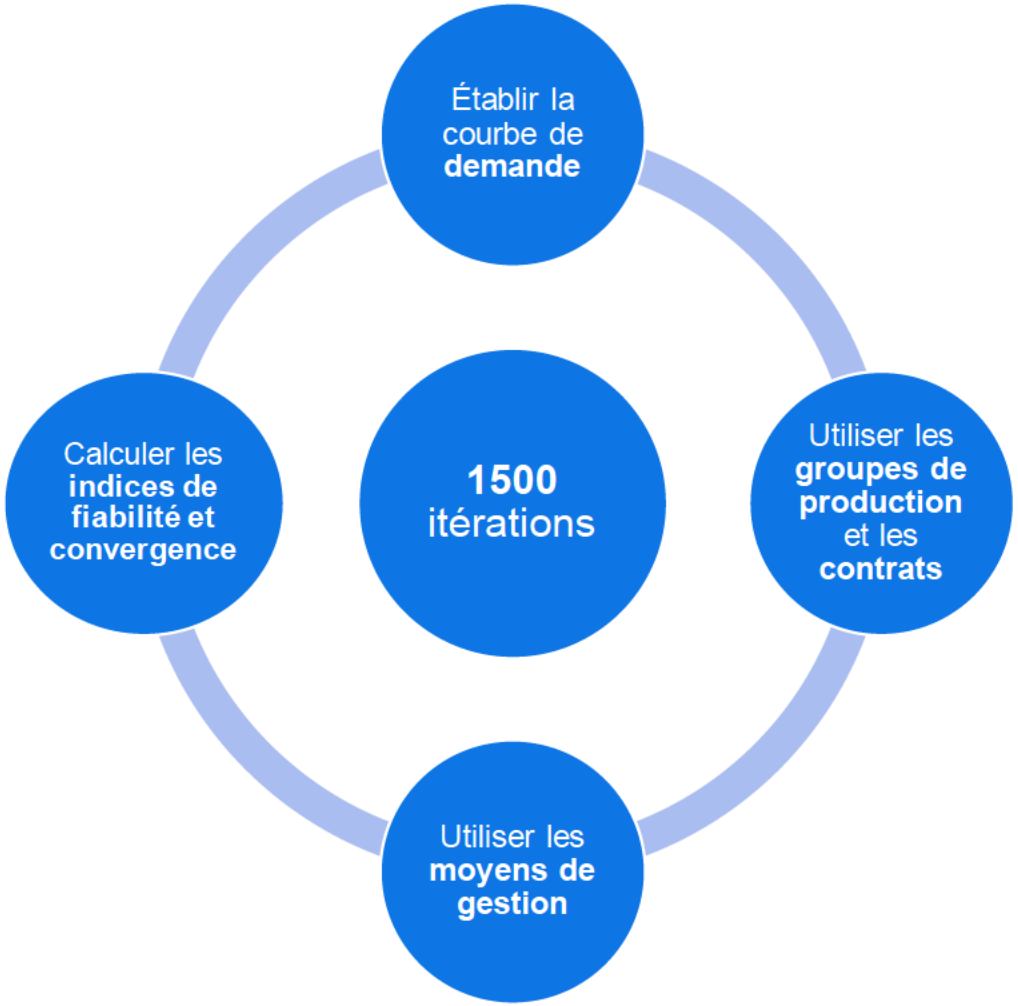
[1] MISO Loss Of Load Expectation (LOLE) Study, https://www.nerc.com/comm/PC/PAWG%20DL/Probabilistic%20Assessment%20Working%20Group%20Meeting%20Presentations%20March%2021,%202017.pdf (p. 84)

Nouvelle version du modèle MARS

Actions réalisées depuis le PA 2020-2029 et la D-2022-062, R-4110-2019 Phase 1
✓ Nouvelle version du modèle MARS intégrant les **modalités des moyens de gestion** dans les analyses de fiabilité
✓ Intégration des **modalités propres** à chaque moyen (nombre d'heures, durée des appels, etc.)
✓ Intégration du **préavis d'appel** pour chaque moyen de gestion
✓ Modélisation d'une ressource de **stockage en énergie**
› **À venir**: intégration du **préchauffage** et de la **reprise**
› **À venir**: modéliser l'ensemble des **courbes climatiques** au lieu d'une seule courbe ou de quelques courbes climatiques

Aperçu général du modèle MARS

- Le modèle MARS est un **modèle chronologique horaire** de simulation **Monte Carlo.**
  - **Il s'agit d'un modèle horaire où les événements sont ordonnés dans le temps.**



Aperçu général du modèle MARS

➢ Modules du modèle MARS

Module des ressources

- Plusieurs types : centrales, ressources limitées en énergie, stockage,…
- Disponibilité à la pointe
- Taux de panne

Sous-module des moyens de gestion

→

Module de transport

- 4 zones
- Limites de transit entre zones
- Taux de panne, s'il y a lieu

→

Module de demande

- Prévision de la demande à la pointe
- Aléa sur la demande
- Prévision mensuelle
- Profil horaire de la demande

Module des ressources

- Le module des ressources permet à l'utilisateur de modéliser l'ensemble des **ressources disponibles**, ainsi que les **contrats**. Il tient compte du risque d'indisponibilité de chaque ressource en utilisant les taux de panne. Plusieurs types de ressources sont prises en compte par le modèle.

4.3.1 General Unit Data (UNT-DATA)

```
&UNT-DATA-00      UGD
*                                                  UNIT-GENERAL-DATA
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*                                                                                  UNIT TYPE
*                                                                               TH = THERMAL
*                                                                              EL1 = TYPE 1 ENERGY-LTD
*                                                                              EL2 = TYPE 2 ENERGY-LTD
*                                                                              CG1 = TYPE 1 COGEN          NUMBER OF UNITS
*                                                                              CG2 = TYPE 2 COGEN            IN PLANT              UNIT
*      UNIT          AREA          INSTALLATION       RETIREMENT            ES  = ENERGY STORAGE       (EL2, ES, AND DS        SUMMARY
*      NAME          NAME              DATE              DATE               DS  = DEMAND-SIDE             UNITS ONLY)           TYPE
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*    .NAMES.       .IAREA.       .INSTDY..INSTYR.  .IRETDY..IRETYR.          .IUNTYP.             .NUNPD..NUNPS..NUNHM.    .IUNSUM.
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*    AAAAAAAA      AAAAAAAA        DDMMMYYYY         DDMMMYYYY               AAA                       III            AAAAAAAA
*    --------      --------        ---------         ---------               ---                       ---            --------
     UNIT-5A       AREA-A            JAN1980           JAN2050               CG1                        =             COGEN
     UNIT-7A       AREA-A          15JUN2016           JAN2050               TH                         =             C.T.
     UNIT-9A       AREA-A            JAN1980           JAN2050               EL2                        3             HYDRO

     UNIT-1B       AREA-B            JAN1980           DEC2015               TH                         =             C.T.
     UNIT-10B      AREA-B            JAN1980           JAN2050               EL1                        1             FOSSIL-S

     UNIT-2C       AREA-C            JAN1980          01OCT2017              TH                         =             C.T.
     UNIT-7C       AREA-C            JAN1980           JAN2050               CG2                        =             COGEN
     UNIT-8C       AREA-C            JAN1980           JAN2050               EL2                        4             HYDRO
     UNIT-9C       AREA-C            JAN1980           JAN2050               EL1                        =             FOSSIL-S

     UNIT-5D       AREA-D            JAN1980           JAN2050               ES                         1             E.S.

     UNIT-1E       AREA-E            JAN1980           JAN2050               DS                         1             DSM

     CONT-C-D      CONTRACT          JAN1980           JAN2050               DS                         1             CONTRACT

     WIND-01       AREA-A          15MAY2014           JAN2050               DS                         1             WIND

;;;; END OF &UNT-DATA-00 ;;;;
```

Module des ressources

- Ressource de type **EL1**: ressource avec une distribution de probabilité en énergie. Par exemple, une petite centrale au fil de l'eau, solaire ou éolien. Notons que le modèle permet de modéliser l'éolien et le solaire en utilisant les séries de production.

```
&ELU-DIST-00      ELD
*                                    ENERGY-LIMITED-UNIT-OUTAGE-DISTRIBUTION
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*                        DRAW
*                       RANDOM
*                      CAPACITY
* EFFECTIVE    UNIT    D = DAILY            PROBABILITY OF BEING AT OR BELOW A GIVEN PERCENT OF RATED OUTPUT  (P.U.)
*   DATE       NAME    M = MONTHLY  0       10       20       30       40       50       60       70       80       90       100
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*                       .IDRELU.                                                .ELUPRB.
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*  MMMYYYY     AAAAAAAA      A       #        #        #        #        #        #        #        #        #        #        #
*  -------     --------     ---   -------  -------  -------  -------  -------  -------  -------  -------  -------  -------  -------
              UNIT-10B      D       0.05     0.1      0.2      0.3      0.3      0.5      0.75     1.0      1.0      1.0      1.0
              UNIT-9C       M       0.1      0.2      0.3      0.4      0.5      0.6      0.7      0.8      0.9      1.0      1.0


:::: END OF &ELU-DIST-00 ::::
```

- Ressource de type **EL2**: ressource avec une puissance spécifiée et une énergie limitée programmée de manière déterministe.
- Ressource de type **EL3**: ressource avec une puissance spécifiée et une énergie disponible limitée programmée au besoin (moyens de gestion).
- Ressource de type **ES**: ressource avec une puissance spécifiée et une énergie disponible limitée rechargeable.

Module de transport

- 4 zones de charge et de production avec leurs interfaces de transit sont modélisées dans MARS:
  - Le Sud-Ouest
  - Le Centre
  - La Côte-Nord
  - La Baie-James

```
&INF-DATA-00      IDT
*                          INTERFACE-IDENTIFICATION
*-----------------------------------------------------------------------------
*    ABBREVIATED                                          FROM        TO
*     INTERFACE                                           AREA        AREA
*       NAME              FULL INTERFACE NAME             NAME        NAME
*-----------------------------------------------------------------------------
*      .NMTIE.                  .NMTIEL.                .LTIEB.     .LTIEE.
*-----------------------------------------------------------------------------
*     AAAAAAAA        AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA        AAAAAAAA    AAAAAAAA
*     --------       -------------------------       --------    --------
      A-TO-B         'AREA-A TO AREA-B'              AREA-A      AREA-B
      A-TO-C         'AREA-A TO AREA-C'              AREA-A      AREA-C
      B-TO-C         'AREA-B TO AREA-C'              AREA-B      AREA-C
      C-TO-D         'AREA-C TO AREA-D'              AREA-C      AREA-D
      C-TO-E         'AREA-C TO AREA-E'              AREA-C      AREA-E
      D-TO-E         'AREA-D TO AREA-E'              AREA-D      AREA-E


;;;; END OF &INF-DATA-00 ;;;;
```

- Le modèle permet de modéliser un taux de panne sur une interface, s'il y a lieu.

Module de demande

- La demande à la pointe est modélisée en tenant compte :
  - de sa distribution de probabilité
  - de l'aléa global
  - d'un profil horaire
  - d'une prévision mensuelle
- 4 zones de charge
- La distribution de probabilité de la demande est une distribution asymétrique.
- Le modèle génère des scénarios horaires à partir de la distribution de probabilité.

Sous-module des moyens de gestion

- Les moyens de gestion sont des ressources interruptibles utilisées **au besoin** lors des pointes importantes. Ces ressources sont disponibles pendant la période de pointe (décembre à mars) et selon des modalités spécifiques.
  - Le nombre d'appels par jour et par semaine
  - Les durées minimale et maximale d'un appel
  - Le nombre d'heures d'appel par jour et par année
  - La plage horaire d'appel et le délai entre chaque appel
  - La disponibilité en fin de semaine et pendant les jours fériés
  - Le **préavis d'appel**
  - Le préchauffage et la reprise (à venir)

Sous-module des moyens de gestion

- Les moyens de gestion sont modélisés dans MARS comme ressource à énergie limitée, appelable au besoin, pour une utilisation en fonction des contraintes spécifiques de la ressource.
- Le modèle permet, par différentes fonctions, de modéliser les contraintes propres à chacun de ces moyens.
- Le tableau **MOD-ELMW** permet d'intégrer certaines contraintes.

4.9.1 Ratings for Type 2 and Type 3 Energy-Limited Units (MOD-ELMW)

```
&MOD-ELMW-00      ELM
*                                   RATINGS-FOR-TYPE-2-AND-TYPE-3-ENERGY-LIMITED-UNITS
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*     EFFECTIVE     UNIT NAME      MINIMUM      MAXIMUM      ENERGY      STORAGE      DAYS     DAYS    HOURS    HOURS    HOURS     ENERGY
*        DATE                        (MW)         (MW)       (MWH)       (MWH)       PER      PER     PER      PER      PER     PER DAY
*                                                                                      YEAR    MONTH    YEAR    MONTH     DAY
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*                                 .ELUMIN.     .ELUMAX.     .ELUENG.    .EL2STR.   .IEL2MD..IEL2MD..IEL2YH..IEL2MH..IEL2DH. .EE12DH.
*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*      MMMYYYY       AAAAAAAA      ########     ########     ########    ########     III      III      IIII     III      III      ######
*      -------       --------      --------     --------     --------    --------     ---      ---      ----     ---      ---      ------
@      JAN2010**    "UNIT-9A "       15.0         75.0        25000        1000        =        =        =        =        =          =
@      JUN2010**    "UNIT-9A "       15.0         75.0        20000        1000        =        =        =        =        =          =
@      NOV2010**    "UNIT-9A "       15.0         75.0        25000        1000        =        =        =        =        =          =
                    "UNIT-8C "        0.0         50.0        20000           0        =        =        =        =        =          =
                    "CONT-B-E"        0.0         50.0        15000           0        =        =        =        =        =          =

 ;;;; END OF &MOD-ELMW-00 ;;;;
```

Sous-module des moyens de gestion

- Le tableau **MOD-CALL** permet d'intégrer les modalités d'appel d'un moyen de gestion.
  - Durées minimale et maximale d'un appel
  - Nombre d'appels par an
  - Nombre d'appels par mois
  - Nombre d'appels par jour
  - Énergie associée à chaque appel

4.9.4 Constrain calls for as-needed units (MOD-CALL)

This table allows the user to impose constraints on the calls to type 3 energy-limited and storage units. A call is define as a period of one or more consecutive hours when a unit is generating. For instance, if a unit is generating at 1, 2 and 3 p.m., that generation pattern counts as three hours, but only one call.

This table complements the limits on hour and days of operation that are present in MOD-ELMW.

```
&MOD-CALL-OO      ELM
+                              CONSTRAIN-CALLS-FOR-AS-NEEDED-UNITS
*-------------------------------------------------------------------------------------------
*     EFFECTIVE     UNIT NAME      MINIMUM      MAXIMUM     ENERGY    CALLS     CALLS    CALLS
*        DATE                      DURATION     DURATION   PER CALL   PER       PER      PER
*                                                                      YEAR     MONTH     DAY
*-------------------------------------------------------------------------------------------
*
+-------------------------------------------------------------------------------------------
*      MMMYYYY      AAAAAAAA        III          III       ######     III       III      III
*      -------      --------        ---          ---       ------     ---       ---      ---

                    DR               2            8          =          25        =        =

:::: END OF MOD-CALL-OO ::::
```

Sous-module des moyens de gestion

- Le tableau **MOD-DLAY** permet la modélisation de la séquence d'appel (ordonnancement).
  - Établir le premier et le dernier programme à appeler
  - Limiter l'utilisation d'un programme à une zone de charge ou à tout le système
  - La fonction **dispatch group** permet d'associer un préavis à un programme s'il y a lieu

4.9.5 Limit or Delay As-Needed Units Usage (MOD-DLAY)

Dispatch of Type 3 energy-limited and storage units is considered several times during a Monte Carlo simulation: before the any EOP is taken into and count and after each available EOP is applied. This table limits how often each unit is considered by optionally defining the first and/or last EOPs at which the unit could be dispatched.

```
&MOD-DLAY-00      MDL
*                 LIMIT-OR-DELAY-AS-NEEDED-UNITS-USAGE
*-----------------------------------------------------------------
*     UNIT NAME     FIRST EOP     LAST EOP     ASSIST     DISPATCH
*                      FOR          FOR        OTHER       GROUP
*                   DISPATCH     DISPATCH      POOLS
*-----------------------------------------------------------------
*      AAAAAAAA        III          III        A/P/S        III
*      --------        ---          ---        -----        ---

      "DR      "        =            4           S           =
      "BATTERY "        2            5           P           =
      "PUMPHYDR"        =            =           =           1

:::: END OF MOD-DLAY-00 ::::
```

Sous-module des moyens de gestion

- Le tableau **MOD-STAT** permet de modéliser les périodes d'utilisation d'un moyen.
  - Utilisation du moyen lors de la pointe matinale (6h à 10h)
  - Utilisation du moyen lors de la pointe de la soirée (16h à 20h)
  - Modélisation des **batteries** dans leurs différents cycles de fonctionnement (charge, décharge, neutre, etc.)

4.9.6 Limit Generation and Charging Status (MOD-STAT)

This table is used to limit when energy-limited type 3 (EL3) and storage (ES) units are allowed to generate and/or charge.

```
&MOD-STAT-00      MWH     CONTINUATION     ASTERISK
*                              LIMIT-GENERATION-AND-CHARGING
*-----------------------------------------------------------------------------------------
*     EFFECTIVE     UNIT NAME                          HOURLY STATUS
*        DATE
*-----------------------------------------------------------------------------------------
*
*-----------------------------------------------------------------------------------------
*      MMMYYYY       AAAAAAAA        B/G/C/N         B/G/C/N         B/G/C/N         B/G/C/N
*      -------       --------        -------         -------         -------         -------

                    "UNIT    "         12*N            6*G             6*C

:::: END OF MOD-STAT-00 ::::
```

Sous-module des moyens de gestion

- Le tableau **Load Forecast Error** (LOD-FERR-00) permet de modéliser le préavis d'appel. Le préavis d'appel est capté dans le modèle en utilisant les moments de la distribution de l'erreur de prévision.
  - L'erreur de prévision est une variable aléatoire générée par le modèle selon les moments de la distribution de la fonction d'erreur de prévision

4.9.7 Load Forecast Error (LOD-FERR-00)

MARS can apply load forecast errors during the dispatch of as-needed energy limited (EL3) and energy storage (ES) units. The goal is to simulate certain conditions when those resources have to be committed ahead of time, with imperfect information.

To use this feature, the EL3/ES units to be affected need to be added to a dispatch group, matching the group listed in this table.

Forecast errors for pools are divided amongst the pool areas proportional to the area load for the hour. If an area is both given a forecast error and is in a pool with a forecast error, both values will be added together.

```
&LOD-FERR-00      LFE
*                                                LOAD-FORECAST-ERROR
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*    EFFECTIVE    DISPATCH   AREA OR POOL    UPDATE     APPLY    DISTRIB                PARAMETERS
*      DATE        GROUP        NAME       FREQUENCY    LFU?     UTION          PARAM1                PARAM2
*-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
*     MMMYYYY      III        AAAAAAAA       H/D/N       Y/N       N        ##############        ##############
*     -------      ---        --------       -----       ---       -        --------------        --------------
                    1        "AREA-A  "        H          Y        N                0.000               100.000
                    1        "AREA-B  "        H          Y        N                0.000                35.000
                    2        "AREA-A  "        D          N        N                0.000                50.000
                    1        "POOL-1  "        D          N        N                0.000               200.000

;;;; END OF LOD-FERR-00 ;;;;
```

Indices de fiabilité

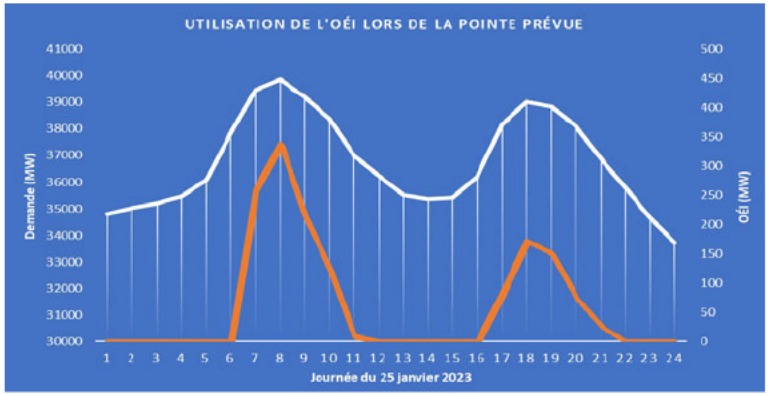
- Le modèle calcule un ensemble d'indices de fiabilité, notamment l'**espérance de délestage** en jour/an utilisée comme critère de fiabilité par l'ensemble de l'industrie.

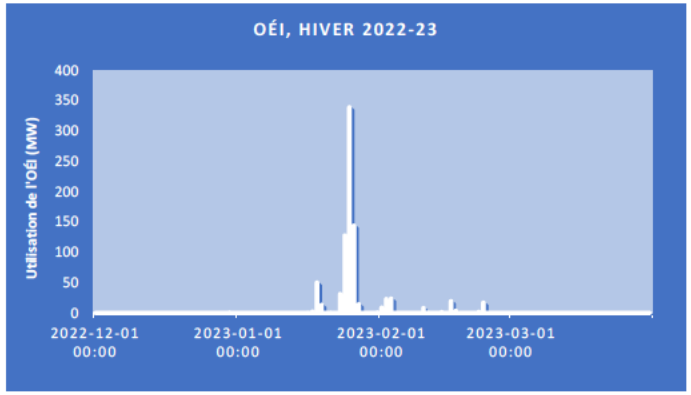
- D'autres indices sont aussi calculés par le modèle, comme :
  - LOLH (h) : Espérance de délestage de la charge en heures
  - LOEE ou EUE (MWh/an) : Espérance de délestage de l'énergie (MWh)
  - Fréquence (pannes/année)
  - Durée (heures/panne)

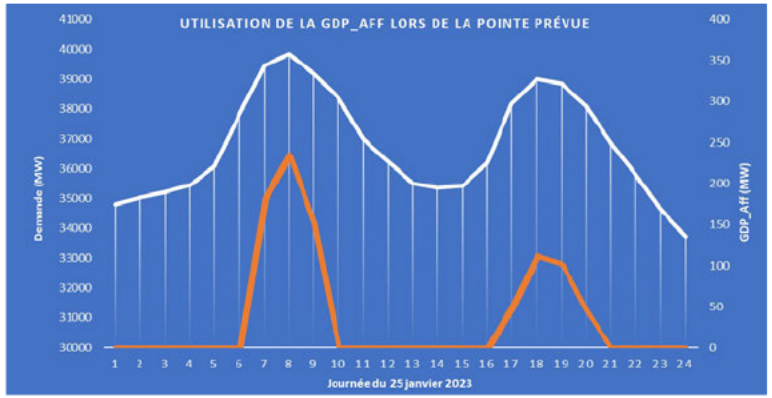
- Les statistiques de simulations

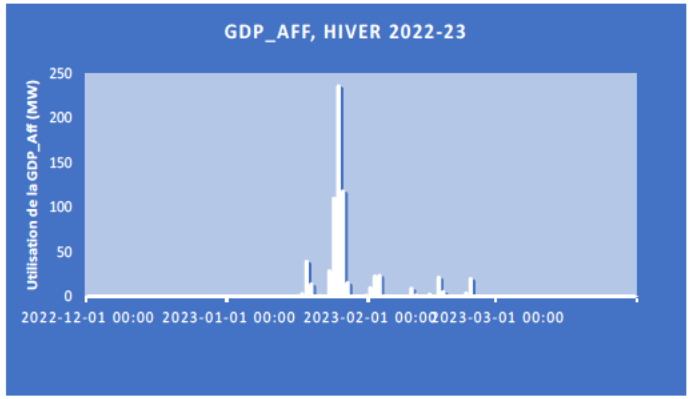
Exemples illustratifs

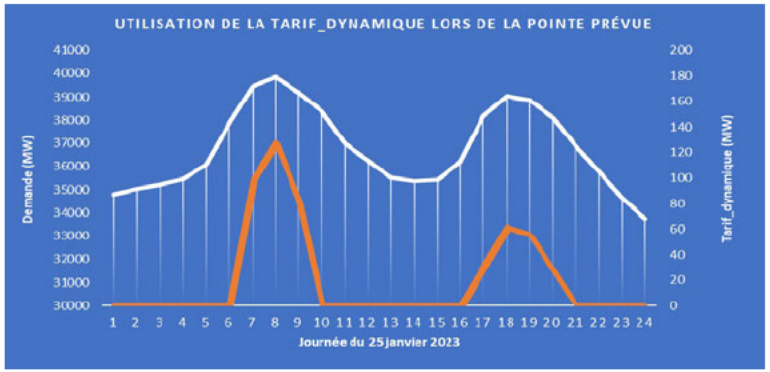
Exemple d’utilisation d’un moyen de gestion

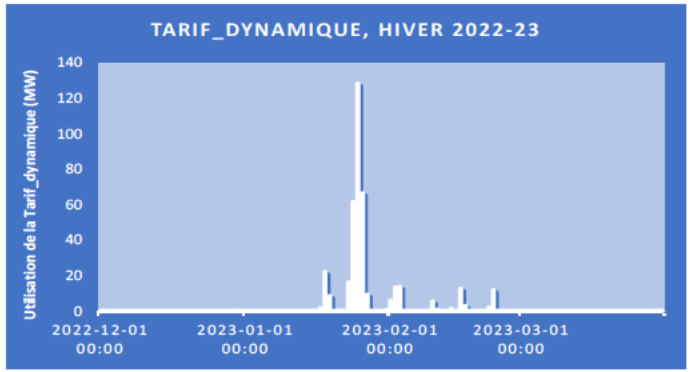








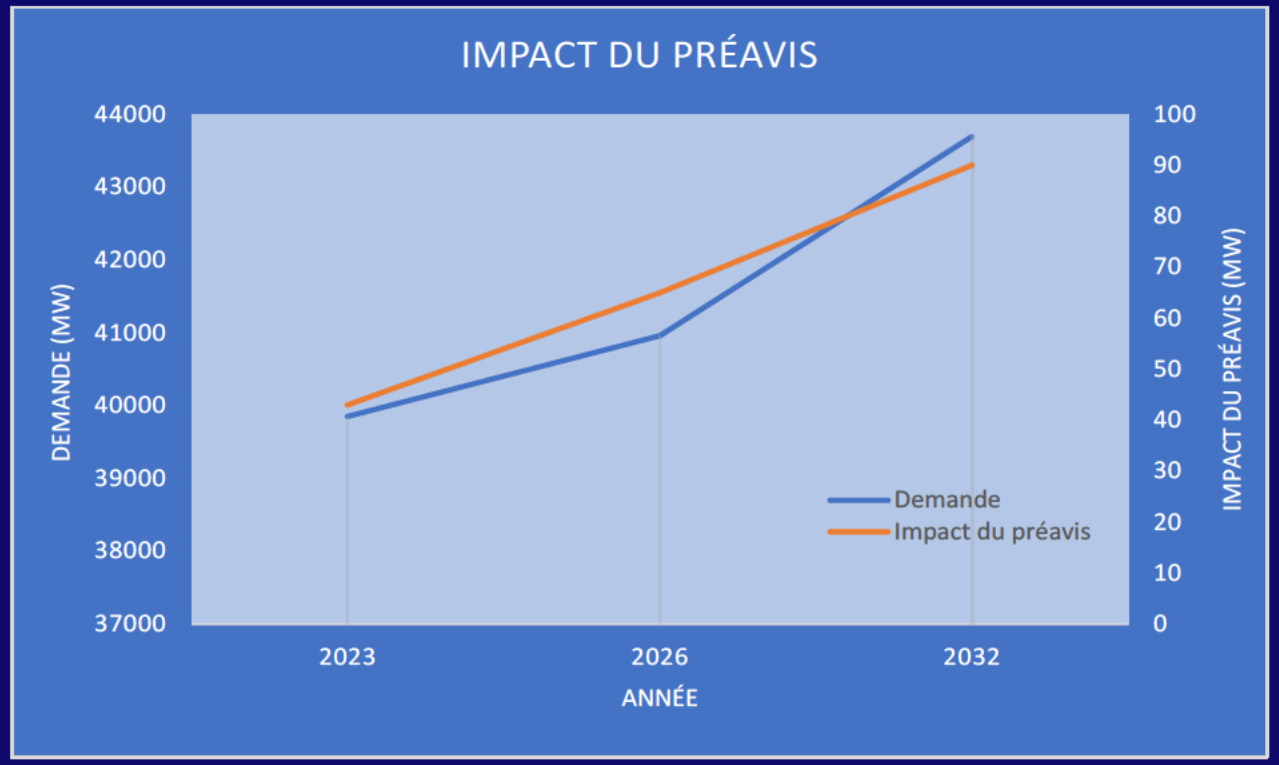




Impact du préavis

L'impact du préavis sur la réserve requise croît avec la demande.

Cet impact est d'environ 90 MW à l'horizon du Plan.



Merci!