Réseau de transport d'électricité

Rapport de test sur la méthode du « rectangle algébrique site à site »

Document d'accompagnement au projet de règles "NEBEF 1.0"

TABLE DES MATIERES

Table des matières **3**
1. Introduction **4**
2. Principes généraux de la méthode **4**
3. Tests réalisés **6**
4. Résultats obtenus **7**
5. Eléments d'analyse **12**
5.1 Comparaison avec la méthode du rectangle appliquée à l'entité d'effacement et avec la méthode prévue dans le cadre de NEBEF1 (rectangle à double référence corrigée) 12
5.2 Variantes étudiées 13
5.2.1 Evaluation en dehors d'une période d'effacement déclarée *13*
5.2.2 Variante sur le calcul de la puissance de référence *13*
5.2.3 Analyse en sous-groupes *14*
6. Synthèse **17**
7. Annexe - Description de l'algorithme d'implémentation de la methode **19**

1. INTRODUCTION

Lors de la concertation menée en 2012 dans le cadre du groupe de travail « Contrôle du réalisé » de la Commission d'accès au marché, la société VOLTALIS a proposé une méthode novatrice pour établir la courbe de référence servant à évaluer un effacement réalisé à partir d'une entité d'effacement profilée et par agrégation d'effacements unitaires individuellement brefs sur chacun des sites de l'entité d'effacement. Cette méthode, applicable pour de tels effacements, repose sur l'utilisation d'un dérivé de la méthode du rectangle non pas à la maille globale de l'entité d'effacement mais pour chacun des sites la constituant.

Dans le cadre de la concertation menée fin 2012 sur le volet technique des règles expérimentales pour la valorisation des effacements au service du marché, VOLTALIS a porté à la connaissance de RTE des compléments sur la méthode proposée, méthode dite « *Rectangle algébrique site à site* ». Dans sa délibération du 31 janvier 2013 portant orientations sur les règles expérimentales NEBEF 1.0, la CRE fait valoir que cette méthode peut « *présenter des avantages et un degré de maturité avancé. Il semble donc pertinent d'autoriser l'utilisation de cette méthode, sauf à ce que des tests invalident cette méthode d'ici au lancement de NEBEF 1.0* » et propose que RTE teste la méthode.

Ce rapport présente une synthèse des résultats obtenus par RTE lors des tests de la méthode.

La présentation des résultats des tests réalisés par RTE sur les méthodes de contrôle du réalisé est susceptible, de manière générale, de rendre publiques des données pouvant relever du secret commercial. Aussi RTE s'efforce-t-il d'agréger les données présentées de manière à ne pas divulguer d'information confidentielles au sens de l'article L. 111-72 du code de l'énergie. Néanmoins, dans certains cas, et notamment dans tous ceux où une unique entreprise utilise la méthode devant être testée, la publication de données, même agrégées, demeure susceptible de porter atteinte au secret commercial. Dans ces cas, RTE a décidé de solliciter systématiquement les sociétés concernées afin de recueillir leur accord sur la publication des données les concernant avant publication des documents afférents.

RTE a recueilli, le mardi 7 mai 2013, l'accord écrit de la société Voltalis pour présenter les données qui la concernent, à l'exception de certaines d'entre elles. Celles-ci ont par conséquent été grisées dans le texte ci-dessous mais sont néanmoins tenues à disposition de la CRE.

2. PRINCIPES GENERAUX DE LA METHODE

La méthode du rectangle algébrique site à site s'applique pour évaluer un effacement réalisé sur une entité d'effacement profilée à partir d'effacements unitaires de durée brève sur un grand nombre de sites. Elle permet d'obtenir une courbe de référence et donc une évaluation de l'effacement réalisé en appliquant une méthode de type rectangle à la maille de chacun des sites constituant l'entité d'effacement profilée. La méthode du rectangle ayant une plage de validité limitée, cela suppose donc que chaque effacement unitaire respecte cette plage de validité.

Pour pouvoir l'utiliser, il faut disposer de la courbe de charge réalisée de chacun des sites constituant l'entité d'effacement avec des puissances moyennes réalisées par pas dix minutes (ou plus généralement à un pas de temps tel que chacun des effacements individuels commence à un début de pas de temps). En effet, la méthode dans sa forme présentée ici ne donne des résultats valides que lorsque l'effacement est activé sur un pas de temps coïncidant avec le début des effacements individuels (e.g. point dix minutes) ce qui ne pose a priori pas de problème pour le dispositif NEBEF 1.0.

La méthode intègre une forme de prise en compte de l'effet rebond susceptible d'intervenir après un effacement unitaire. Pour cela, la courbe de référence immédiatement postérieure à l'effacement est prise égale au niveau de consommation avant l'effacement. La courbe référence pour un site donné et sur les deux pas de temps suivants un effacement est considérée comme égale à la consommation réalisée sur le pas de temps précédent l'effacement.

La figure suivante illustre le principe de calcul de la courbe de référence sur un cas théorique. L'effacement est réalisé par le biais d'effacements unitaires de dix minutes opérés successivement sur trois groupes de sites (chaque groupe de sites reçoit un ordre d'effacement de dix minutes, puis peut reprendre sa consommation pendant vingt minutes pendant que les deux autres sous-groupes s'effacent). Pour chaque groupe de sites, la puissance de référence est calculée sur les deux points dix minutes précédant l'effacement, puis elle est étendue sur les deux pas de temps suivants.

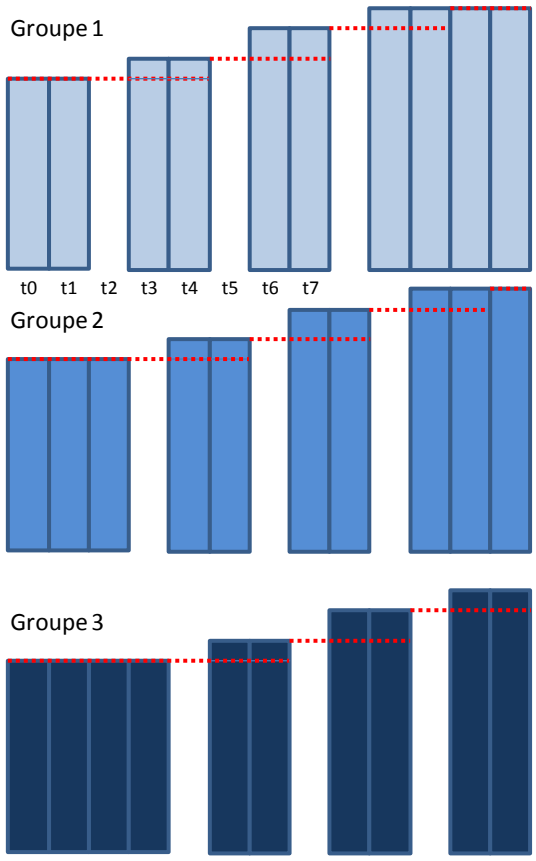


Figure 1 : calcul de la courbe de référence par groupe de sites

Les puissances de référence et les courbes de charge réalisées de chaque sous-groupe sont ensuite agrégées pour l'évaluation globale de l'effacement par différence entre les deux courbes. Sur cet exemple, il est possible de voir que le rebond ou report de charge en t3 et t4 après l'effacement réalisé en t1 sur le groupe 1 est pris en compte dans le calcul de la puissance de référence. En revanche, si l'effet se prolonge en t5, la méthode ne le prend plus en compte. Aucune étude n'ayant permis jusqu'à présent de caractériser précisément les effets de rebond ou de report de charge après un effacement, le traitement utilisé dans la méthode du rectangle algébrique site à site pour le prendre en compte ne peut être considérée que comme une première approche empirique.

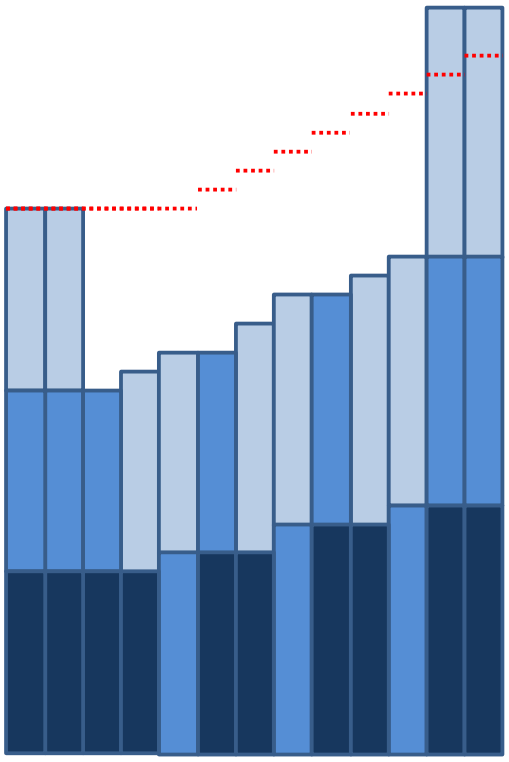


Figure 2 : Evaluation globale de l'effacement par somme des courbes de références des trois groupes.

Une description algorithmique plus précise de la méthode mise en œuvre pour réaliser les tests figure en annexe du rapport.

3. TESTS REALISES

Les données de consommation réalisées ont été fournies à RTE sur sa demande par la société VOLTALIS. Il s'agit de quatre échantillons de mesures de consommation moyenne par pas de temps dix minutes pour environ 35.000 sites profilés. Ils couvrent chacun une journée entière sauf le dernier qui ne couvre que quelques heures. Les journées considérées sur lesquelles nous avons testé la méthode sont les suivantes :

- le 14 janvier 2012, avec deux effacements d'une demi- heure et un effacement de trois heures ;
- le 12 février 2012, avec trois effacements de trois heures ;

- le 9 mars 2012, avec deux effacements d'une demi-heure et un effacement de cinq heures ;
- le 18 décembre 2012, avec un effacement de trois heures.

Les ordres individuels sont disponibles mais n'ont pas été utilisés dans l'analyse[1]. Ils sont envoyés au début des périodes de dix minutes, ce qui facilite la visualisation des coupures et permet à la méthode de fonctionner correctement.

Le jeu de données utilisées pour les tests comporte des effacements d'une durée maximale de cinq heures.

D'autres simulations ont été réalisées en utilisant des données différentes, notamment en se basant sur des effacements réalisés les 11, 14 et 15 février 2012. Les résultats obtenus sont similaires, et ne sont pas détaillés dans le présent rapport.

4. RESULTATS OBTENUS

La méthode du rectangle algébrique site à site a été appliquée sur les quatre jeux de données pour reconstituer la courbe de référence. Les résultats sont représentés graphiquement infra. Sur la base des graphiques obtenus, la méthode semble pertinente. Sur ces quelques échantillons, elle semble plutôt légèrement défavorable à l'opérateur d'effacement par rapport à la méthode du rectangle et ne pas comporter de biais à la surévaluation.

[1] Dans la première version de la méthode, VOLTALIS proposait d'utiliser les ordres d'activation pour détecter les effacements sur chaque site. RTE ayant souhaité une simplification de la méthode afin de ne pas avoir à intégrer cette information plus précise, il a ensuite été montré que l'utilisation de cette information n'était pas indispensable et que l'on pouvait détecter les effacements dans les courbes de charges unitaires des sites sur la base d'un critère heuristique (baisse supérieure à 20% entre deux pas de mesure par exemple, puis remontée équivalente), sans créer de biais significatif.

Figure 3 : Effacements du 14 Janvier 2012.

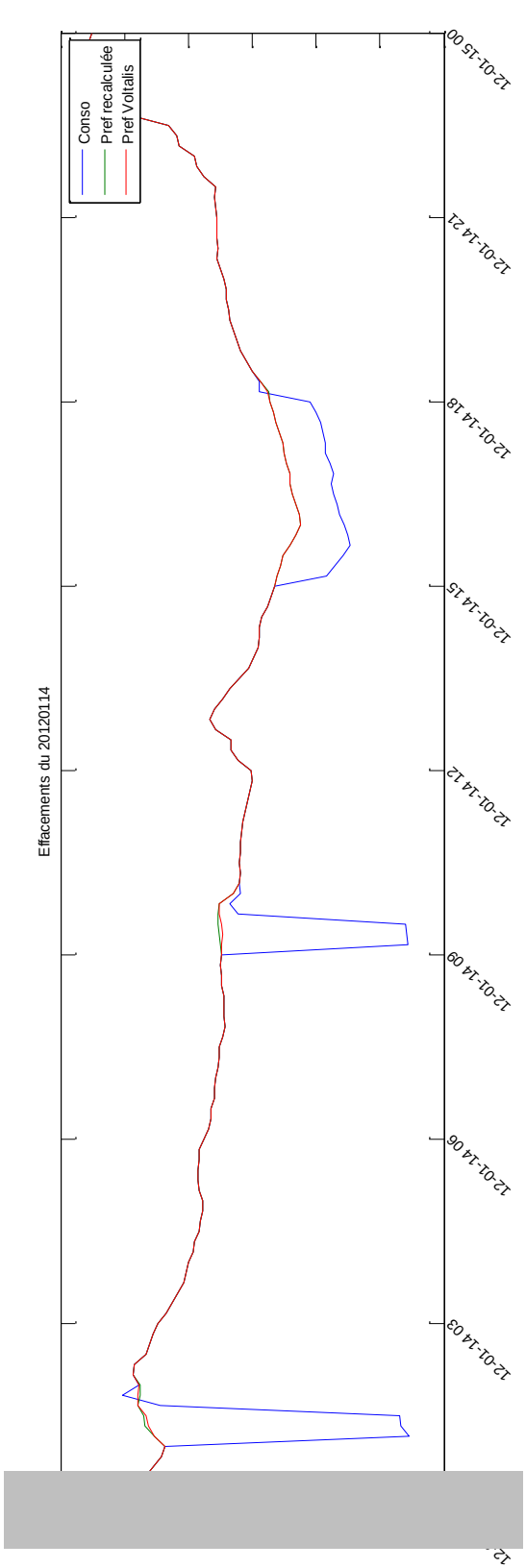


Figure 4 : Effacements du 12 février 2012.

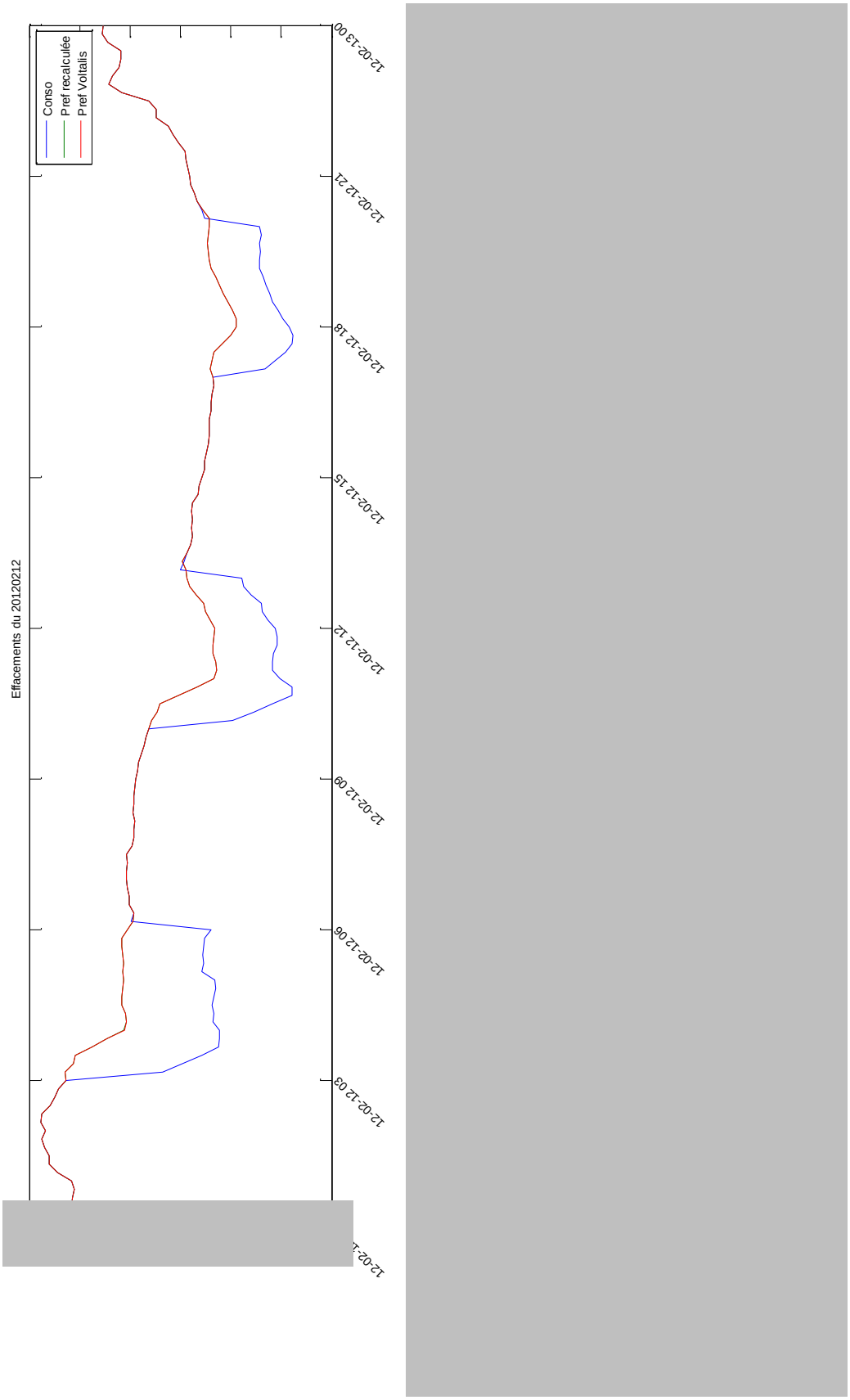


Figure 5 : Effacements du 9 mars 2012.

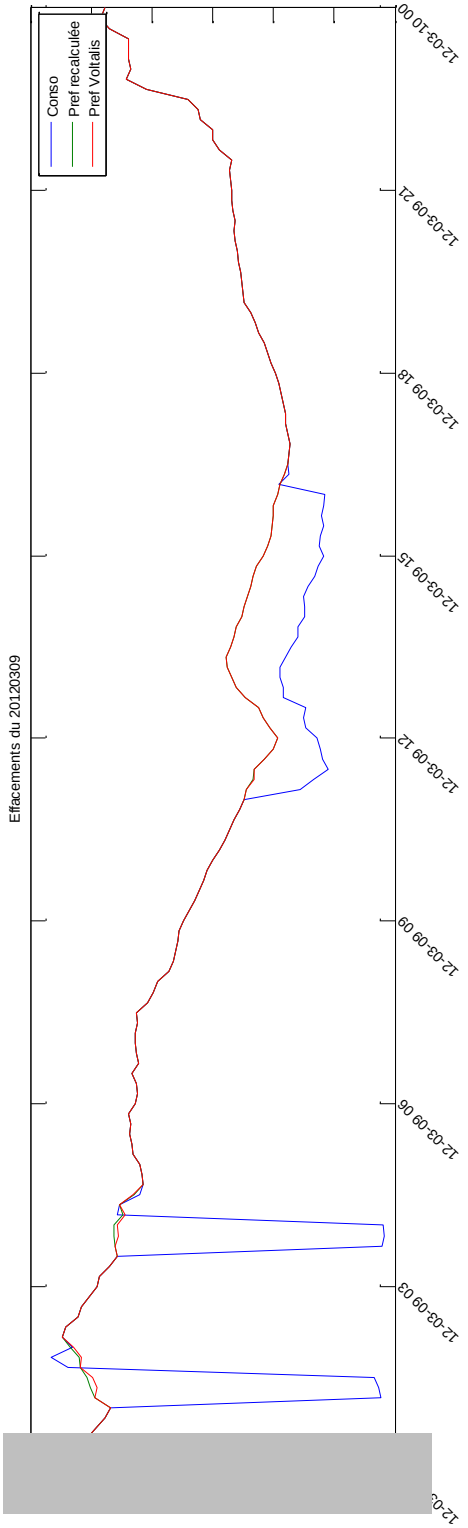
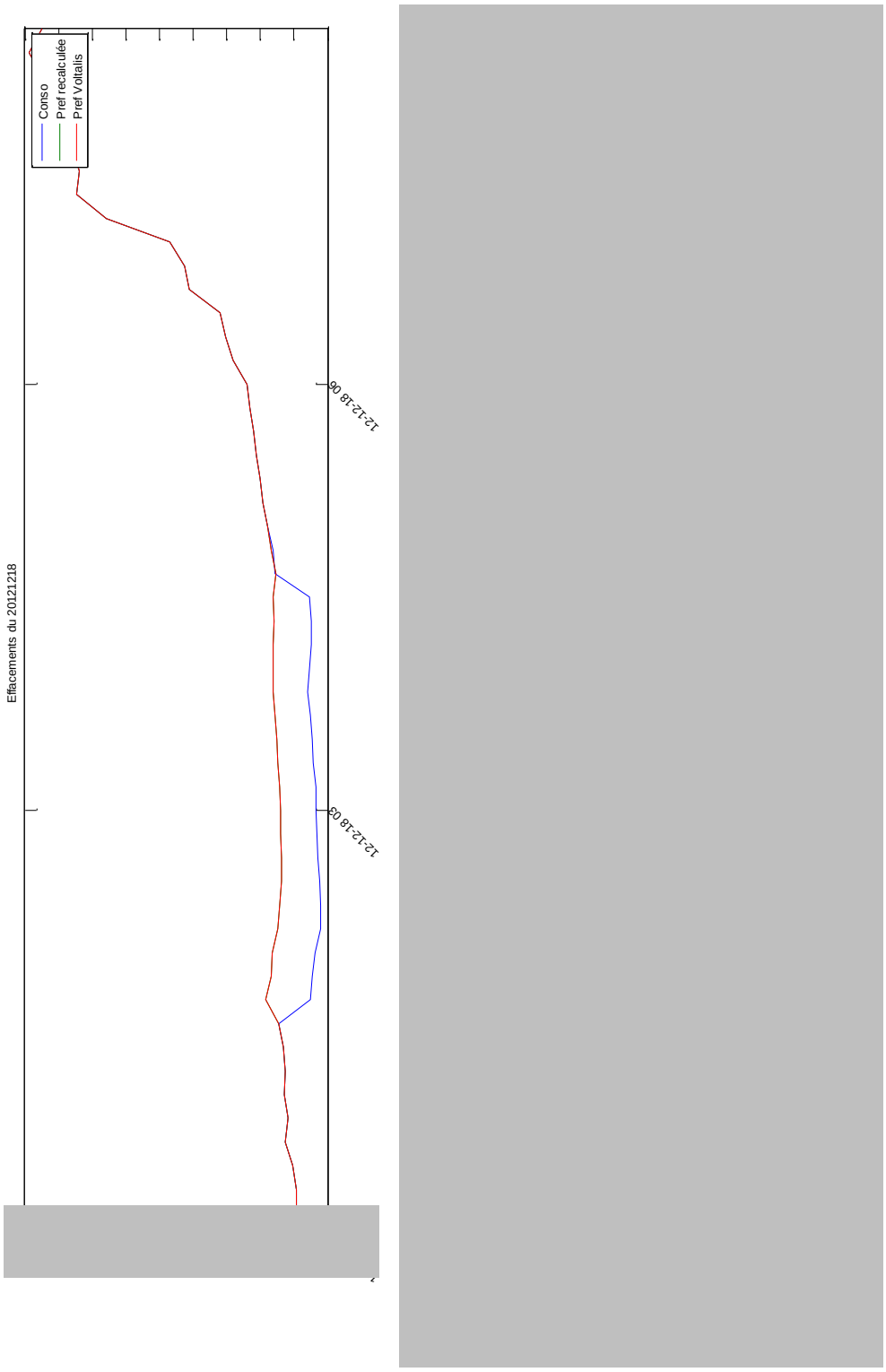


Figure 6 : Effacements du 18 décembre 2012.



5. ELEMENTS D'ANALYSE

5.1 Comparaison avec la méthode du rectangle appliquée à l'entité d'effacement et avec la méthode prévue dans le cadre de NEBEF1 (rectangle à double référence corrigée)

La méthode du rectangle consiste à prendre pour puissance de référence pendant toute la durée de l'effacement la consommation moyenne sur la ½ heure précédant immédiatement l'effacement. Autrement dit, on « tire un trait » horizontal à la hauteur de la consommation avant effacement. Nous avons comparé les résultats de la méthode site à site avec la méthode du rectangle et avec la méthode du rectangle à double référence corrigée prévue dans le cadre de NEBEF1. Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Effacement	Méthode du rectangle du MA vs méthode site à site(%)	méthode double référence corrigée (NEBEF) vs méthode site à site (%)
14 janvier 2012 (½ heure)	95%	95%
14 janvier 2012 (½ heure)	99%	90%
14 janvier 2012 (3 heures)	132%	132%
12 février 2012 (3 heures)	156%	80%
12 février 2012 (3 heures)	171%	118%
12 février 2012 (3 heures)	111%	111%
9 mars 2012 (½ heure)	95%	95%
9 mars 2012 (½ heure)	102%	96%
9 mars 2012 (5 heures)	128%	42%
18 décembre 2012 (3 heures)	83%	83%

Les écarts entre les deux méthodes montrent une sous-évaluation de l'effacement par la méthode site à site par rapport à la méthode du rectangle appliquée à la maille de l'entité d'effacement. Plus l'effacement dure longtemps et plus l'écart peut être important, ce qui n'est pas surprenant compte tenu des limites de validité de la méthode du rectangle. Sur les exemples présentés, la méthode du rectangle surestime grandement les effacements car la consommation baisse au cours de l'effacement. En revanche, on ne peut pas conclure quant à un effet moyen car l'échantillon reste petit et peut donc être biaisé. A l'inverse, la méthode du rectangle à double référence corrigée, appliquée à un gisement variable, peut conduire à sous-estimer l'effacement de manière significative.

5.2 Variantes étudiées

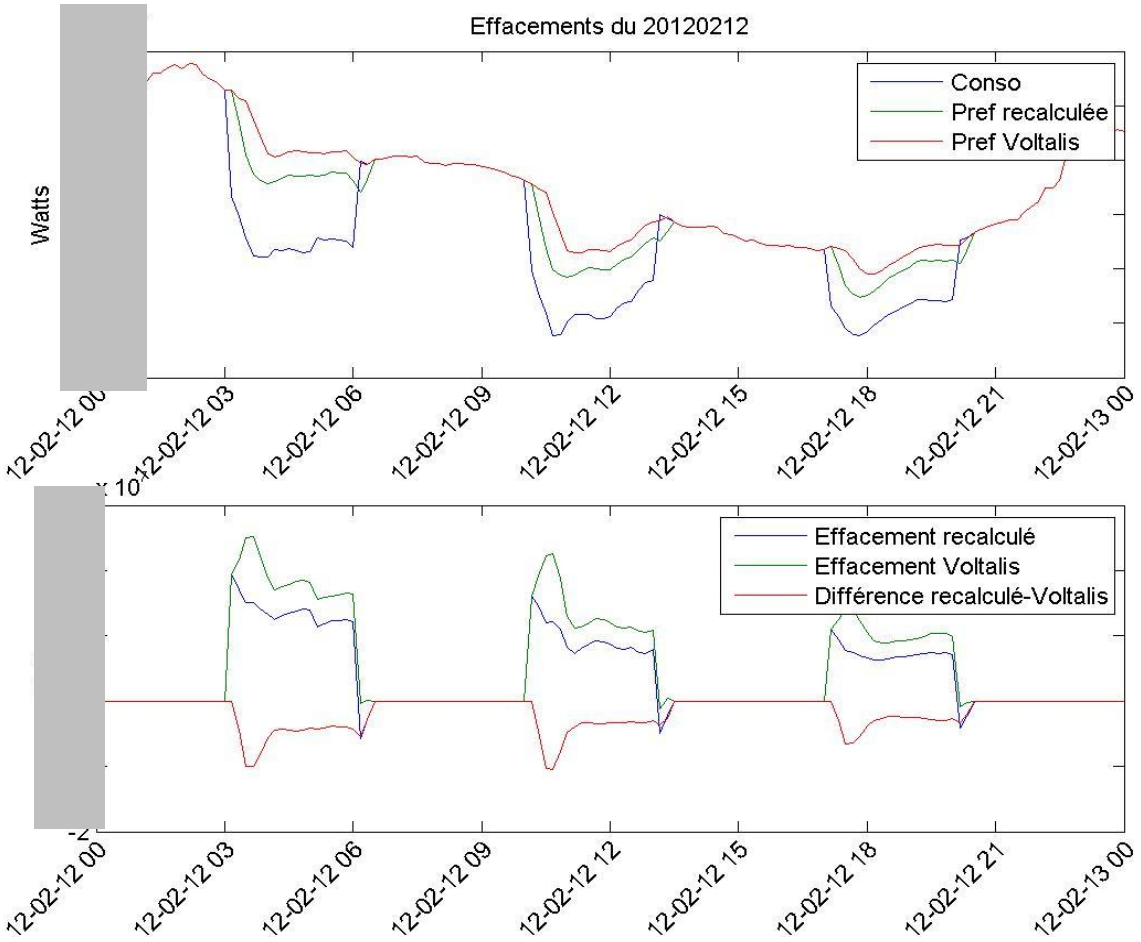
5.2.1 Evaluation en dehors d'une période d'effacement déclarée

Même en l'absence d'effacement, la méthode site à site détecte en bande de l'ordre d'1 MW d'effacement pour une consommation de l'ordre de 40 MW. Ceci est dû au critère heuristique utilisé pour détecter un effacement au niveau d'un site unitaire (baisse de la consommation supérieure à 20% entre deux pas de temps), et donc au fait que l'on peut détecter des trous de consommation sur des sites alors qu'il n'y a pas eu d'ordre d'effacement. Cela contribue à surévaluer l'estimation de l'effacement. En tout état de cause, l'erreur commise par la méthode doit être considérée comme supérieure à cette erreur résiduelle, qui reste à un niveau pouvant être considéré comme faible. Si le besoin s'en faisait sentir, la détection des effacements pourrait s'effectuer sur la base des ordres d'effacement, plutôt que sur la base du critère heuristique, qui apporte cependant une simplification de la méthode, sans introduire d'erreur significative.

5.2.2 Variante sur le calcul de la puissance de référence

Une variante a été réalisée en modifiant le calcul de la puissance de référence après l'effacement.

Sur les deux pas de temps suivants l'effacement, la puissance de référence n'est plus égale à la puissance avant l'effacement, mais au minimum des puissances mesurées avant et après l'effacement (autrement dit, s'il y a un rebond, on le « coupe » en remplaçant la mesure par la consommation avant effacement qui est inférieure, mais s'il n'y en a pas, on conserve la valeur mesurée plutôt que de la remplacer par la puissance consommée avant l'effacement qui est supérieure). Ceci revient à appliquer la méthode du « *rectangle à double référence corrigée* » proposée pour le démarrage de NEBEF 1 à la maille du site de soutirage. L'effacement est dans ce cas largement sous-évalué (cf. courbe infra). L'explication réside vraisemblablement dans le fait que, contrairement à l'intuition qui plaide pour un rebond immédiat, un grand nombre d'appareils ne redémarrent pas au niveau antérieur en fin d'effacement pour différentes raisons (hystérésis…), le rebond observé en moyenne est en fait la somme de deux effets : un éventuel rebond et un non-redémarrage qui vient le compenser (« anti-rebond »). On peut voir que l'écart est plus important en début d'effacement qu'à la fin.

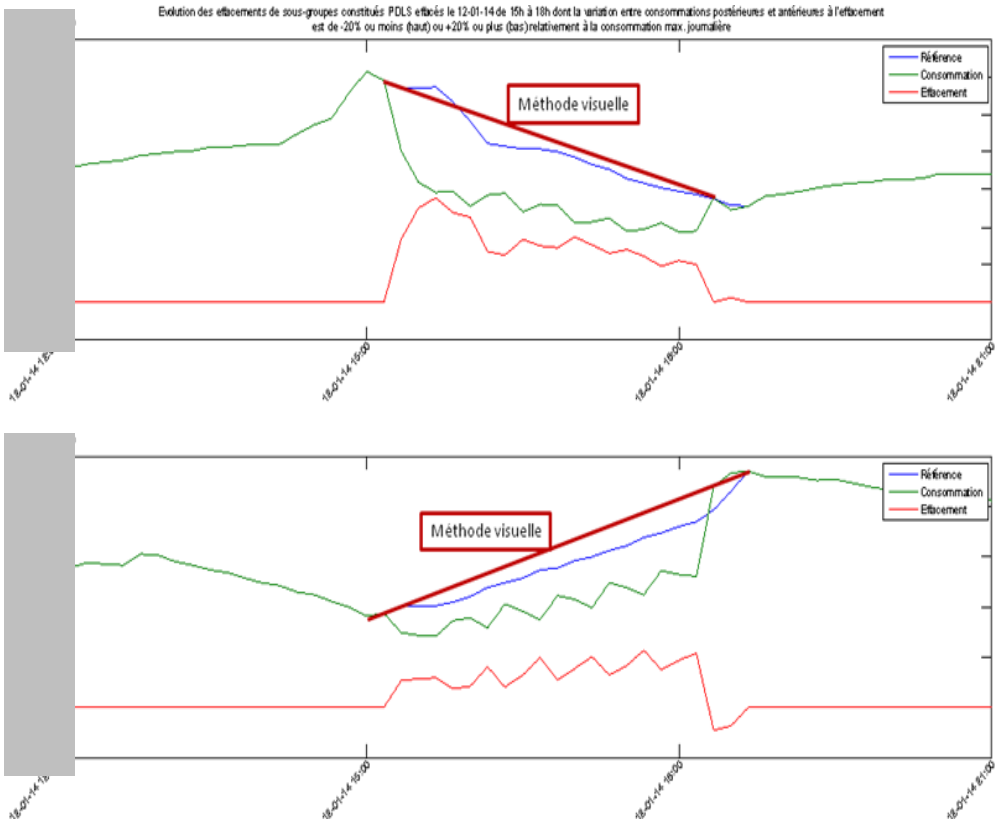


5.2.3 Analyse en sous-groupes

L'analyse des variantes montre que la qualité globale de la méthode est statistique et que les résultats ne semblent pertinents que grâce aux effets de foisonnement. Par exemple, nous avons séparé les sites ayant répondu entièrement à l'effacement de 15h à 18h du 14 janvier 2012 en trois groupes selon leur comportement :

- les sites dont la consommation après l'effacement est supérieure de plus de 20% à la consommation avant l'effacement relativement à leur puissance maximum consommée le 14 janvier 2012 ;
- ceux dont la consommation décroit de plus de 20% ;
- les autres.

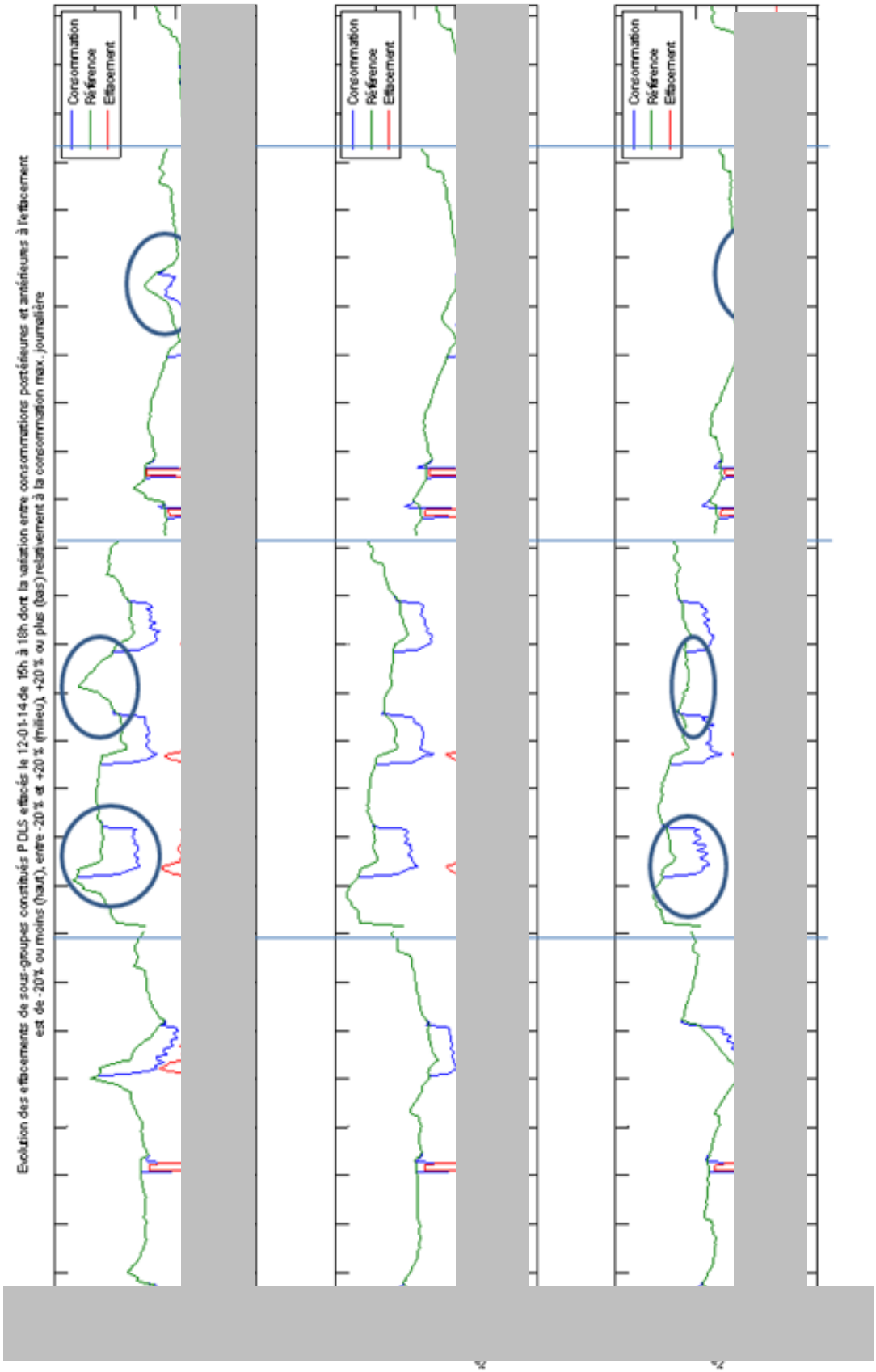
Vu le biais temporel dans le calcul des puissances de référence, on s'attend à ce que la méthode sous-estime les effacements du premier groupe et surestime les effacements du second. On le vérifie graphiquement, surtout dans le cas du groupe où la consommation augmente et donc où l'on sous-estime l'effacement. Le cas du groupe où la consommation baisse est plus complexe car deux effets se compensent : surestimation liée à la baisse de consommation et sous-estimation liée à l'absence de redémarrage systématique. Ainsi, la méthode est neutre pour ce groupe. Il n'en demeure pas moins qu'il existe un différentiel de traitement entre les deux groupes qui pourrait être exploité, comme on le voit dans le paragraphe suivant.



Ainsi, il pourrait être théoriquement défavorable pour l'opérateur d'effacement d'activer les effacements du groupe du bas, et préférable de conserver la possibilité de les effacer pour plus tard, alors qu'il n'existe aucun sous-jacent économique à cette action.

Dans le cas où l'opérateur d'effacement serait capable de prévoir statistiquement l'appartenance d'un site à un sous-groupe (ce qui suppose une certaine persistance du comportement des sites, cf. figure ci-dessous), il serait alors possible de biaiser les résultats de la méthode en adaptant la stratégie d'effacement en fonction du comportement des sites (tendances haussière ou baissière à certaines heures), sans que cela soit détectable par RTE.

A minima, il faut donc que le périmètre de l'entité d'effacement profilée ne varie pas trop souvent et que les courbes de charge mesurées soient transmises dans leur intégralité, comme cela est prévu à l'article 9.1.2 - *Courbe de Charge réalisée des Sites de Soutirage Profilées* des règles NEBEF 1, et non seulement dans une plage de temps limitée autour de chaque effacement. Ainsi, lors des analyses de retour d'expérience prévues dans le cadre des règles transitoires NEBEF 1, il sera possible d'étudier le comportement des sous-groupes de sites et de voir si l'échantillon n'a pas été biaisé de manière à profiter d'effets d'aubaine liés à la méthode de contrôle du réalisé.


Evolution des effacements de sous-groupes constitués P DLS effacés le 12-01-14 de 16h à 18h dont la variation entre consommations postéieures et antérieures à l'effacement est de -20% ou moins (haut), entre -20 % et +20 % (milieu), +20 % ou plus (bas) relativement à la consommation max. journalière
Consommation
Référence
Effacement
Effacement utilisé pour la sélection des groupes
Biais inversé La nuit
Biais persistent dans le temps

6. SYNTHESE

La méthode de contrôle du réalisé proposée par VOLTALIS donne des résultats visuellement satisfaisants, voire défavorables à l'entité d'effacement sur les quatre journées testées en ce qui concerne l'effacement lui-même, en comparaison à la méthode du rectangle telle qu'elle est appliquée sur le mécanisme d'ajustement.

L'analyse de la méthode montre qu'elle est fortement adhérente à la manière dont la société VOLTALIS opère ses effacements car elle impose de réaliser les effacements longs (plus d'une demi-heure) en effectuant des effacements tournants chacun brefs (e.g. de 10 minutes toutes les 30 minutes : 10 minutes d'effacement suivies de 20 minutes sans effacement). De plus, la méthode devra être adaptée dans le cas d'effacements ne commençant pas au début d'une période de 10 minutes, ce qui n'est a priori pas le cas des NEBEF qui commencent et s'achèvent à des demi-heures « rondes ».

Sur les effacements pour lesquels nous avons testé la méthode, l'analyse montre des résultats globaux cohérents au niveau de l'entité d'effacement. Cependant, cette cohérence globale ne se retrouve pas toujours lorsque l'on applique la méthode à des sous-ensembles de sites de l'entité d'effacement. Ainsi, il est possible d'imaginer qu'un changement, volontaire ou non, dans la structure du parc effacé pourrait dégrader le comportement de la méthode. Dans le cadre du suivi de la méthode, il sera nécessaire de vérifier que la méthode reste valide sur l'entité d'effacement pour laquelle elle est appliquée. Pour cela, RTE pourra faire cette analyse sur les NEBEF réalisées, à partir des données de l'opérateur d'effacement, afin de vérifier que celui-ci n'exploite pas systématiquement un biais. A ce titre, il est nécessaire de disposer de toutes les mesures de consommation des sites de consommation participant à l'entité d'effacement, et non seulement de celles réalisées dans un intervalle restreint autour de chaque effacement. La vérification pourra aussi être réalisée indirectement en comparant la méthode à d'autres méthodes.

Le jeu de données utilisées pour les tests comporte des effacements d'une durée maximale de cinq heures. Même si la méthode site à site proposée apporte un progrès dans l'évaluation de l'effacement, la prise en compte des effets de rebond entre deux effacements unitaires reste empirique. La prise en compte du report de charge et, plus particulièrement, du comportement des sites dans le cas d'un effacement de longue durée reste difficile à prévoir. Autrement dit, peut-on supposer que, dans le cas d'un effacement long, la consommation lors des pauses reste représentative de la valeur de la consommation sans effacement ? D'autres études seront nécessaires pour statuer sur ce point.

En prolongeant la puissance de référence sur les deux pas de temps suivants un effacement unitaire, une forme de prise en compte du report existe bien. Cependant, pour l'effacement unitaire suivant et portant sur le même groupe de sites, l'effacement reste évalué à partir de la consommation mesurée entre les deux effacements unitaires (cf. figure 1 et 2). La prise en compte du report proposée dans la méthode algébrique site à site ne reste donc que partielle. Si nous n'avons pas observé de biais sur les cas testés et pour les durées d'effacement testées, il reste difficile de valider la méthode sans réserves du fait (i) du faible nombre de journées d'effacement considérées, (ii) de l'absence de tests concernant des effacements de plus longue durée.

Pour ces raisons, il semble souhaitable, pour la phase NEBEF 1, de limiter les effacements contrôlables par cette méthode à une durée de six heures et de poursuivre les analyses des résultats obtenus sur d'autres situations d'effacement, pour s'assurer que l'échantillon de tests ne comportait pas de biais significatifs.

En conclusion, la méthode semble donner des résultats satisfaisants sur les journées considérées et sur le parc actuel de VOLTALIS. RTE la considère donc comme utilisable dès le démarrage de NEBEF1 pour les entités d'effacement profilées, notamment s'agissant de la nature expérimentale du mécanisme. La difficulté à cerner par l'analyse le périmètre de validité de la méthode conduit à proposer (i) le maintien d'une limite en durée, (ii) la mise en place d'un suivi méthodologique important lors des phases de REX prévues dans le cadre du dispositif d'effacement au service du marché.

L'analyse dans le cadre du REX des données du premier palier NEBEF 1 devra permettre de traiter la demande de la CRE d'amélioration de la méthode en ce qui concerne « *l'effet report et [de] ses conséquences sur l'évaluation de l'effacem*ent ». Notamment pour les effacements diffus, la pertinence des méthodes reposant sur une prévision de la consommation des sites composant l'entité d'effacement devra être évaluée (prévision par la méthode des panels, utilisation de variable explicative).

7. ANNEXE - DESCRIPTION DE L'ALGORITHME D'IMPLEMENTATION DE LA METHODE

La méthode du rectangle simple, en vigueur sur le mécanisme d'ajustement, est appliquée pour chaque site constituant l'entité d'effacement profilée. Dans les tests réalisés, la méthode a été appliquée de la manière suivante, conformément à la description proposée par l'entreprise Voltalis : la puissance de référence est calculée comme la moyenne des deux points dix minutes précédant l'effacement ; elle est conservée sur les deux points dix minutes consécutifs à l'effacement ; l'effacement est ensuite évalué comme la différence entre la somme des courbes de référence individuelles ainsi obtenues, et la consommation mesurée.

Première étape : détermination du schéma d'effacement avec des effacements unitaires de (i) dix minutes ou de (ii) trente ou quarante minutes (les seuls schémas d'effacement pris en compte dans les tests réalisés sont des effacements unitaires au niveau des sites de 10, 30 ou 40 minutes).

Les Sites de Soutirage sont répartis en trois groupes après les tests suivants :

- Baisse de consommation au premier pas de temps, puis remontée au deuxième (variation supérieure à 20% de la consommation dans les deux cas). Le site est alors affecté au groupe « 10 minutes ».
- Baisse de consommation au premier pas de temps, puis remontée au troisième ou quatrième pas de temps. Le site est alors affecté au groupe « 30 minutes ».
- Autre cas.

Si la majeure partie de la baisse de consommation est due à des sites du groupe « 10 minutes », on considère que l'on est dans le schéma d'effacement (i), sinon dans le schéma (ii).

Deuxième étape : application de la méthode fonction du schéma d'effacement (i) ou (ii)

Pour chaque Site de Soutirage, pour chaque effacement global, on parcourt les pas de temps de cet effacement global et on applique la règle suivante :

- Si la puissance de référence n'a pas déjà été fixée au pas de temps précédent :
- Si une baisse de consommation est détectée (baisse d'au moins 20% de la consommation au pas courant et remontée d'au moins 20% X ou Y mn après), alors la puissance de référence pendant la durée de l'effacement et deux pas de temps après est égale à la moyenne de la puissance mesurée sur les deux pas de temps précédents l'effacement.
- S'il n'y a pas de baisse de consommation, la puissance de référence est égale à la puissance mesurée.
- Si la puissance de référence a déjà été fixée, elle reste inchangée, sauf si :

Une nouvelle baisse de consommation est détectée sur le deuxième pas de temps qui suit la fin de l'effacement précédent. Dans ce cas, la puissance de référence pendant la durée du nouvel effacement et deux pas de temps après est égale à la moyenne de la puissance mesurée sur les deux pas de temps précédents l'effacement.[2]

Le pas de temps n'est plus dans l'effacement global (le rebond et le report ne sont pas étudiés).

Les puissances de référence calculées par site sont sommées pour obtenir la courbe de référence globale de l'entité d'effacement et la différence avec la consommation mesurée de l'EDE permet d'évaluer l'effacement.

[2] Dans le cas de deux trous de consommations séparés par 10 minutes seulement, il est souhaitable de ne pas faire la moyenne sur les 2 pas de temps précédents. Ceci a peu d'impact dans le cas présent car les trous de consommations sont généralement espacés de 20 minutes.