

# Etude de flux thermique

Grimault – Site de stockage de CRAON – RD 30



Rédacteurs	Vérificateurs	Approbateurs
<b>DuoRisk</b> HERMOUET Fabien ROBLIN Simon	<b>Axgar</b> Frédéric Nault	<b>Grimault - Paille et Fourrage</b> M. et Mme. Grimault
Indice de révision	Date	
Version 1.1		

# Sommaire

1	Liste des figures .....	3
2	Liste des tableaux .....	3
3	Préambule .....	4
3.1	Contexte de l'étude .....	4
3.2	Présentation du l'exploitant.....	4
4	Description du site.....	5
4.1	Implantation du site .....	5
4.1.1	Emplacement de l'installation (carte au 1/25 000 <sup>ème</sup> ).....	5
4.1.2	Abords de l'installation (carte au 1/2 500 <sup>ème</sup> ).....	5
4.2	Topographie du site .....	6
4.3	Enjeux à proximité .....	7
4.4	Projection d'implantation des nouveaux bâtiments de stockage .....	8
5	Scénarios et caractérisation des effets des phénomènes dangereux .....	10
5.1	Scénarios explorés, données d'entrée .....	10
5.1.1	Particularité de l'étude .....	10
5.1.2	Hypothèses fondamentales, données d'entrée.....	10
5.2	Méthode d'évaluation des effets thermiques .....	11
5.3	Modélisation des scénarios retenus .....	12
5.3.1	Incendie des hangars de stockage – Palette type « rubrique 1510 ».....	12
5.3.2	Incendie des hangars de stockage – Stockage de biomasse combustible (bois) 13	
5.3.3	Evaluation de l'impact des merlons dans le cas de palettes 1510.....	15
6	Conclusions .....	17
6.1	Analyse des scenarii.....	17
6.2	Conclusion générale.....	17

---

## 1 Liste des figures

---

Figure 1 : Vue satellite 1/25 000 <sup>ème</sup> du site (source : Géoportail) .....	5
Figure 2 : Vue satellite 1/2 500 <sup>ème</sup> du site (source : Géoportail) .....	6
Figure 3 : Profil altimétrique sur la largeur du site (source : Géoportail) .....	7
Figure 4: Profil altimétrique sur la longueur du site (source : Géoportail) .....	7
Figure 5: Enjeux humains/économiques à proximité du site (source : Géoportail) .....	8
Figure 6 : Projet d'implantation des nouveaux bâtiments et vue en coupe.....	8
Figure 7 : Vue en coupe des nouveaux bâtiments .....	9
Figure 8 : Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,80 m .....	13
Figure 9 : Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,80 m .....	14
Figure 10 : Bâtiment Sud - Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,40 m.....	15
Figure 11 : Bâtiment Nord - Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,40 m.....	16

---

## 2 Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Fiche d'identité de l'exploitant.....	4
Tableau 2 : Valeurs seuils de flux thermique et effets associés .....	12

## 3 Préambule

### 3.1 Contexte de l'étude

La SAS Grimault – Paille et Fourrage située à Craon (86110) est une entreprise dont l'activité repose sur les prestations et produits suivants :

- Travaux agricoles (pressage, épandage, compost)
- Transport de marchandises
- Granulés de paille
- Farine de paille
- Amendements organiques et minérales

Dans le cadre de ses activités de négoce de paille et de production de dérivés de paille, la SAS Grimault est tenue d'entreposer de la paille dans des hangars agricoles couverts ouverts (sans bardage de façade).

L'entreprise souhaite implanter deux hangars de stockage de paille sur son site de Craon (86110), situé sur la route départementale 30, à 2,4 km de son siège social.

Eu égard aux exigences du Code de l'Environnement relatives aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, une étude de flux thermique réalisée au moyen de la méthode Flumilog a été demandée à la société DuoRisk pour compléter le dossier à destination des services instructeurs (réalisé par la société Axgar).

### 3.2 Présentation du l'exploitant

Le Tableau 1 ci-après récapitule les informations relatives à l'exploitant et les informations de localisation du site d'étude.

Tableau 1 : Fiche d'identité de l'exploitant

<b>Nom</b>	Grimault - Paille et Fourrage
<b>Forme juridique</b>	Société par Actions Simplifiée
<b>Adresse du siège social</b>	4 rue des Iris – 86 110 CRAON
<b>Identité de l'Etablissement</b>	Site de stockage de paille – RD30 – CRAON
<b>Adresse du site</b>	RD 30 Coordonnées GPS : 46°45'48.5"N 0°00'52.3"E
<b>N° SIRET</b>	43768102600021
<b>Code APE</b>	Transports routiers de fret de proximité (4941B)
<b>Nombre d'employés de l'entreprise</b>	15
<b>Responsables du site d'étude</b>	M. et Mme. Grimault

## 4 Description du site

### 4.1 Implantation du site

Les cartographies permettant de situer le site dans son environnement sont présentées dans cette section. Des photographies aériennes au 1/25 000<sup>ème</sup> et au 1/2 500<sup>ème</sup> seront exposées.

*Note au lecteur : les éléments photographiques et cartographiques présentés en Figure 1, Figure 2, Figure 3, Figure 4 et Figure 5 n'intègrent pas la projection de la future installation de stockage. Les installations présentées sur les parcelles sont les anciens hangars de stockage de la société Grimault. La projection d'implantation des nouveaux bâtiments est donnée en Figure 6.*

#### 4.1.1 Emplacement de l'installation (carte au 1/25 000<sup>ème</sup>)

La Figure 1 présente une vue globale de l'implantation de l'installation et témoigne de l'isolement de la structure de stockage de paille envisagée. Un détail des enjeux à proximité du site est donné au paragraphe 4.3.

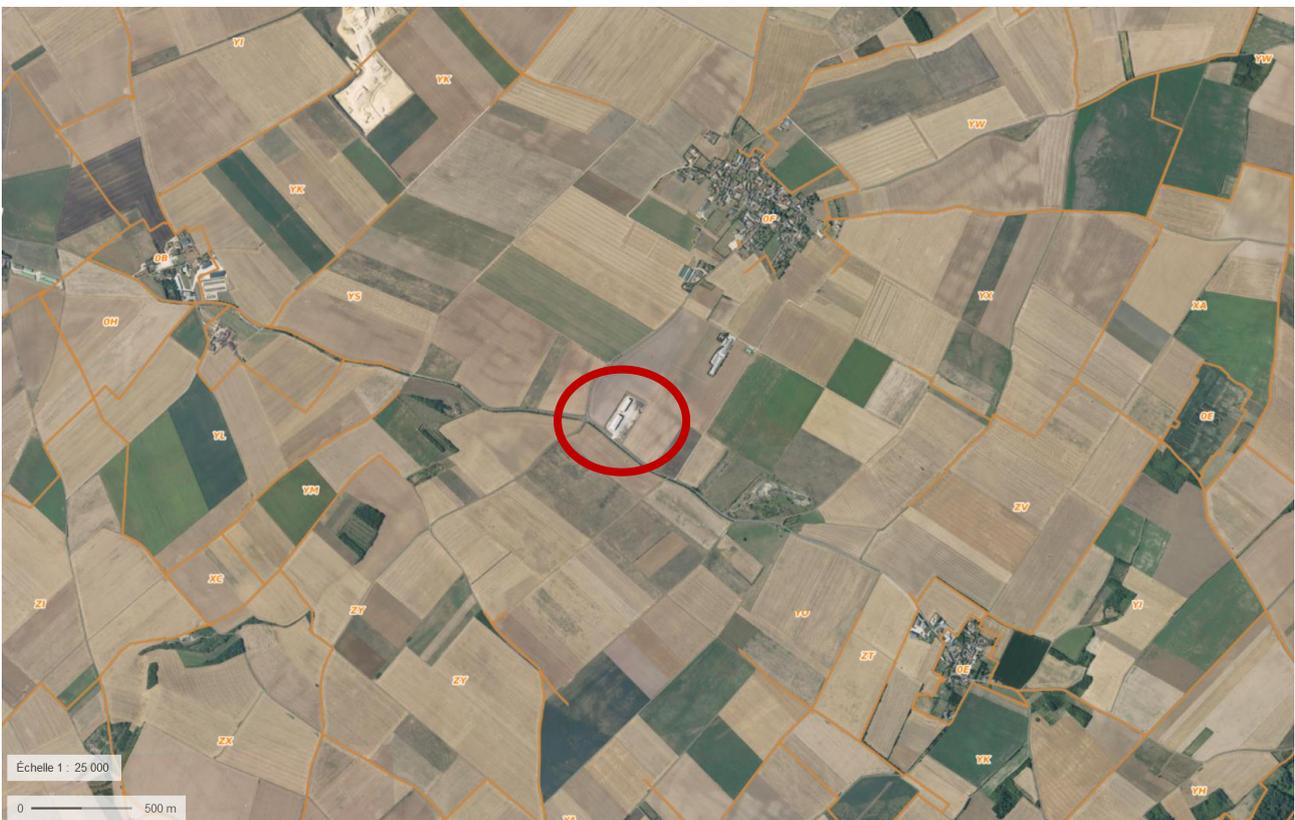


Figure 1 : Vue satellite 1/25 000<sup>ème</sup> du site (source : Géoportail)

#### 4.1.2 Abords de l'installation (carte au 1/2 500<sup>ème</sup>)

La Figure 2 présente une vue de l'environnement immédiat de l'installation. L'accès au site se fera par l'entrée située au Sud des parcelles et débouchant sur la route départementale 30.

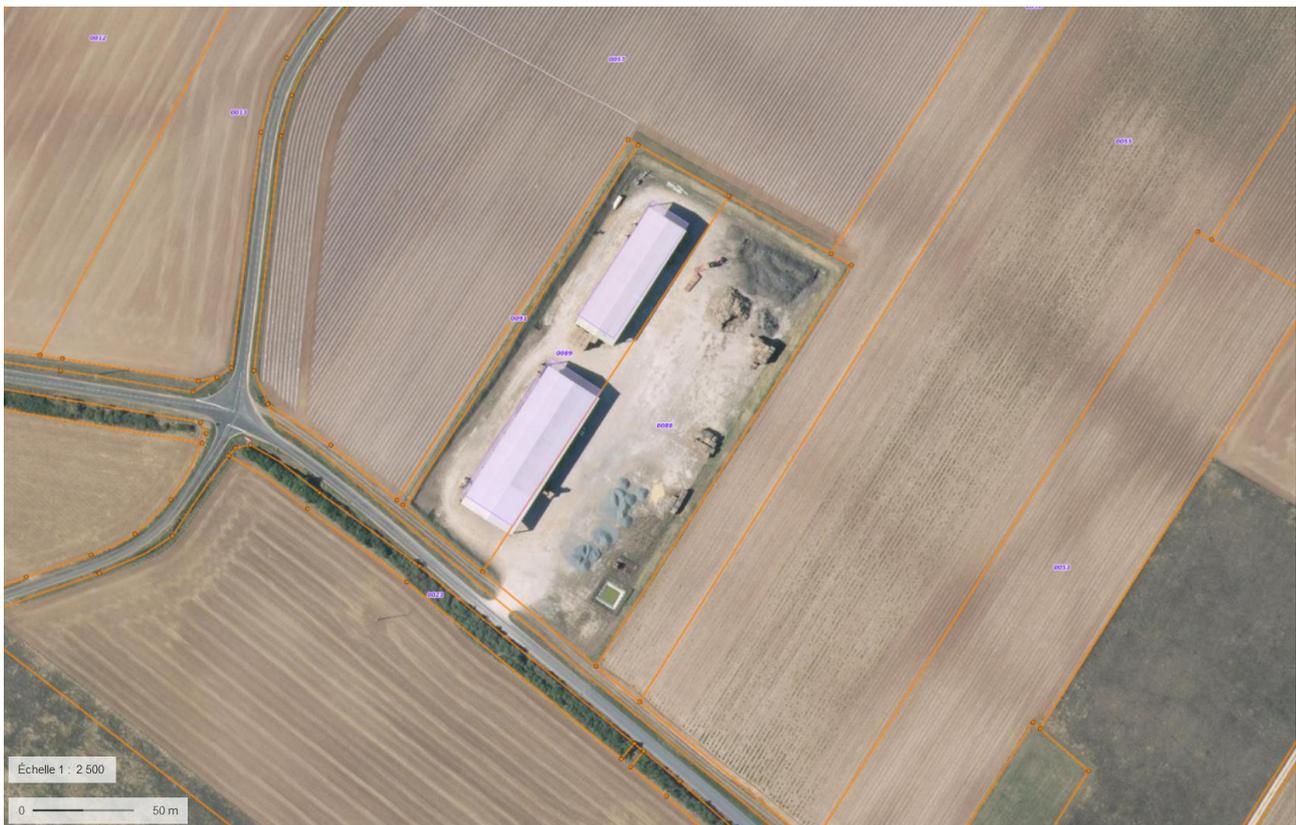


Figure 2 : Vue satellite 1/2 500<sup>ème</sup> du site (source : Géoportail)

#### 4.2 Topographie du site

Au regard de cette étude, il paraît intéressant de prendre en considération la topographie du site. En effet, les parcelles concernées sont légèrement encaissées dans le sol. Cet encaissement pourrait être favorable au titre de l'étude de flux thermique dans le sens ou les surélévations en bordure du site constituent des merlons pouvant atténuer les distances d'effets du flux de chaleur radiatif. Cette piste sera explorée dans la modélisation Flumilog.

Les Figure 3 et Figure 4 montrent les profils altimétriques édités via Géoportail dans le sens de la longueur et dans le sens de la largeur du site.

Au regard des potentielles imprécisions du site, une hauteur de merlon de 1,50 m sera retenue dans le cadre des modélisations.

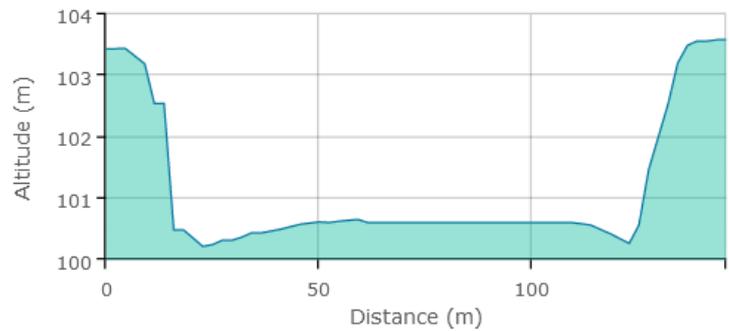


Figure 3 : Profil altimétrique sur la largeur du site (source : Géoportail)

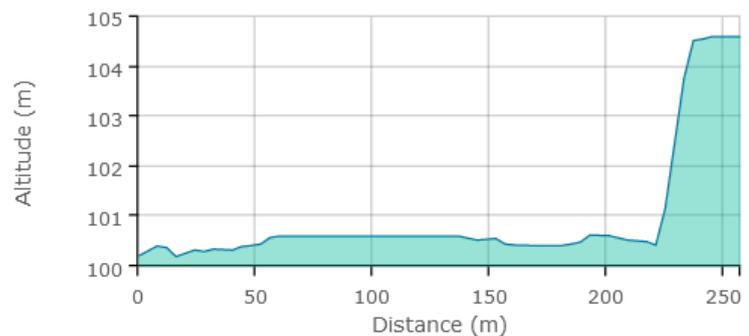


Figure 4: Profil altimétrique sur la longueur du site (source : Géoportail)

### 4.3 Enjeux à proximité

L'installation est située au Sud-Ouest de la commune de Craon (86 110) (en rouge en Figure 5).

L'emplacement des parcelles est situé à environ 350 m d'une autre installation agricole (au Nord-Est) (en vert en Figure 5) et à environ 900 m du centre bourg de Craon (en bleu en Figure 5).

Au travers de cette analyse cartographique, nous pouvons également identifier que les parcelles qui entourent la structure de stockage sont des parcelles à vocation agricole (culture).

Le site est longé sur sa partie Sud-Est par la route départementale 30. Outre cet enjeu linéaire, aucune autre installation de transport ou de distribution n'est à signaler à proximité immédiate de l'installation (voie ferrée, ligne électrique, distribution de gaz, etc.).

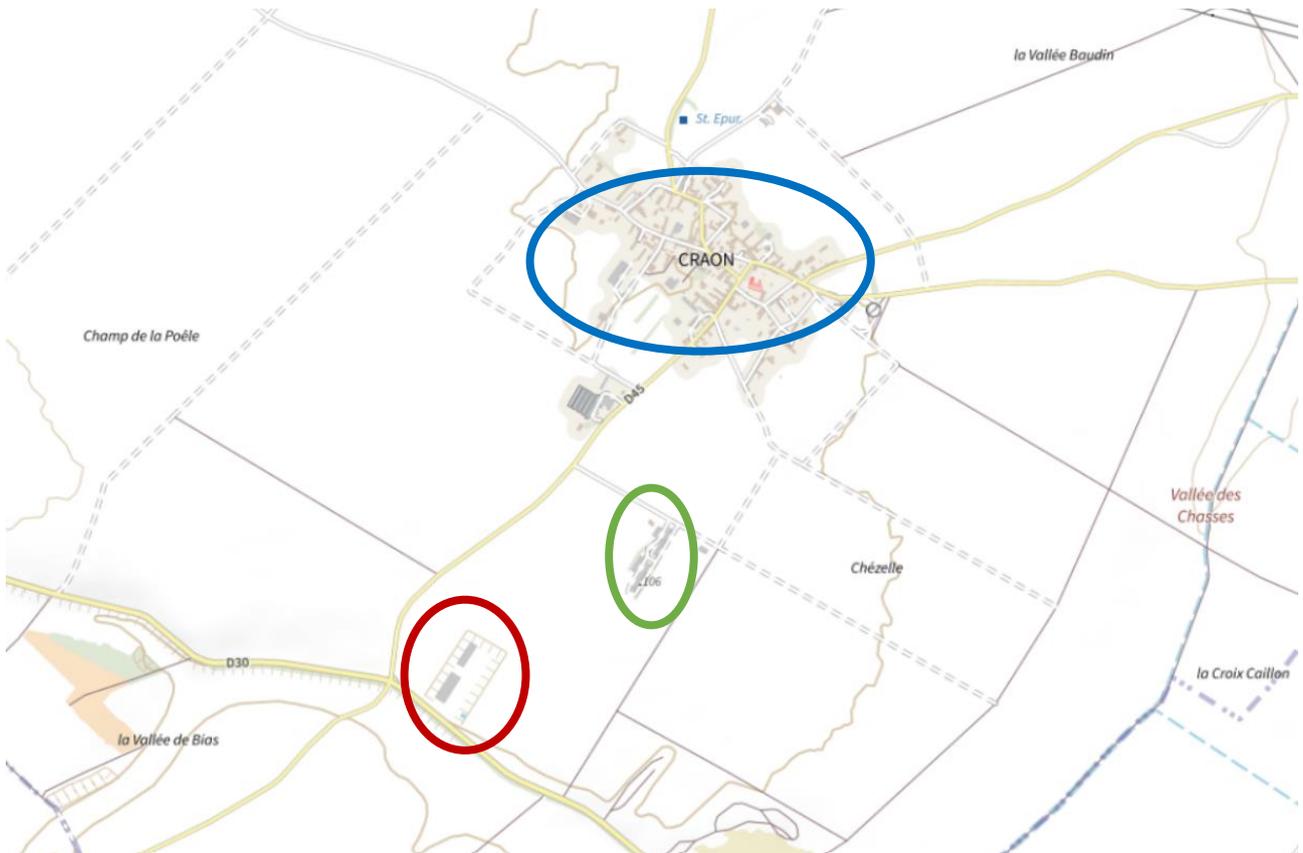


Figure 5: Enjeux humains/économiques à proximité du site (source : Géoportail)

#### 4.4 Projection d'implantation des nouveaux bâtiments de stockage

La construction de deux bâtiments de stockage est projetée. Leur implantation est donnée en Figure 6.

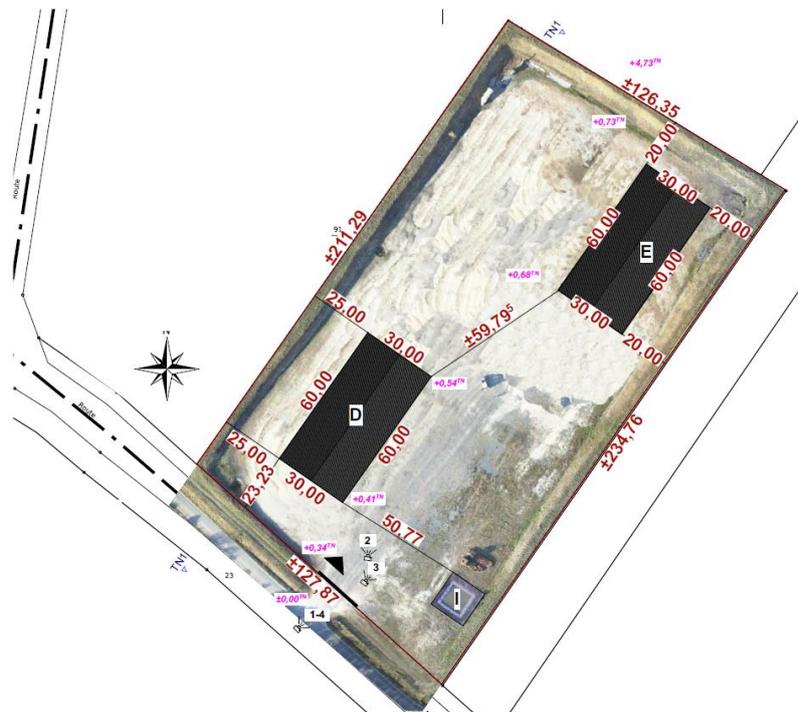


Figure 6 : Projet d'implantation des nouveaux bâtiments et vue en coupe

Pour la suite de l'étude, les bâtiments de stockage prendront les appellations suivantes :

- Hangar de stockage Sud : à proximité de l'entrée du site ; situé à 23 m et 25 m des limites de sites les plus proches (Ouest et Sud) ;
- Hangar de stockage Nord : situé à environ 60 m plus au Nord du premier et à 20 m des limites de site les plus proches (Nord et Est).

Les deux hangars de stockage projetés seront identiques. Chaque hangar sera ouvert sur l'extérieur (aucun bardage) et mesurera 60 m de longueur par 30 m de largeur. La hauteur maximale de stockage prévue sera de 10 m (hauteur maximale à l'acrotère). Une vue en coupe récapitulant les hauteurs projetées est donnée en Figure 7. Ces dimensions seront retenues pour la modélisation Flumilog.

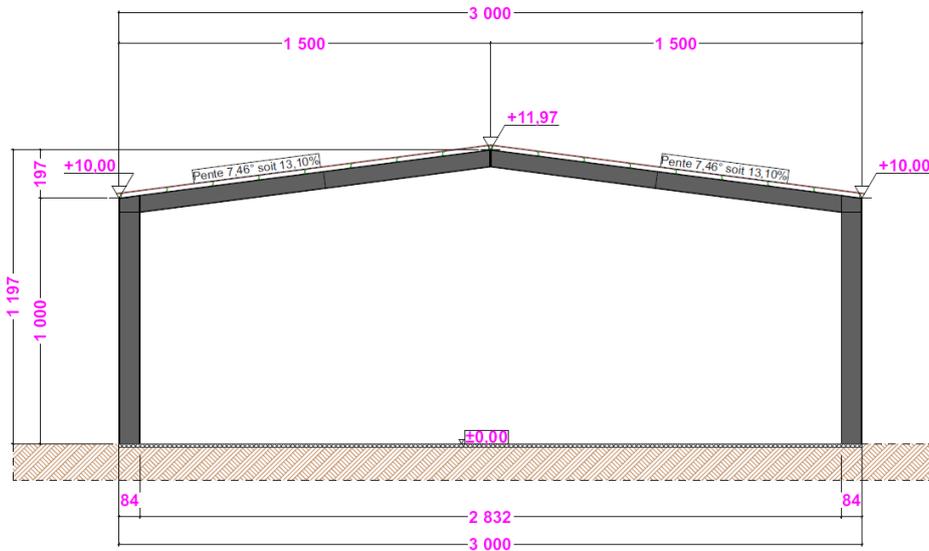


Figure 7 : Vue en coupe des nouveaux bâtiments

## 5 Scénarios et caractérisation des effets des phénomènes dangereux

### 5.1 Scénarios explorés, données d'entrée

#### 5.1.1 Particularité de l'étude

Cette étude de flux thermique revêt un caractère particulier dans le sens où la méthodologie Flumilog ne permet pas d'intégrer directement des stockages de paille (ce matériau n'étant pas présent dans la base de données du logiciel). Afin de donner tous les éléments de compréhension de la démarche de modélisation à l'Autorité Administrative, deux études de flux seront donc réalisées pour évaluer la sensibilité du modèle à nos hypothèses pour se rapprocher d'un cas de combustion de biomasse.

Par ailleurs, seul le toit des bâtiments sera couvert et aucun bardage ne sera appliqué sur les façades. Une hauteur de stockage de 10 m sera retenue (hauteur maximale de stockage prévue).

#### 5.1.2 Hypothèses fondamentales, données d'entrée

L'absence de bardage sur les deux bâtiments mène à conduire à une simulation de stockage à l'air libre (majorante car sans de prise en compte de la toiture, de son effondrement et du recouvrement partiel du combustible).

Par ailleurs, le stockage ne pourrait être modélisé sous un format de rack. Le mode de stockage prévu s'apparente à un stockage en masse.

Le stockage est considéré comme un stockage en masse d'un seul ilot d'un volume de 30\*60\*10 m<sup>3</sup>.

Aussi, au sens de la programmation logicielle sous Flumilog, le mode de stockage de la paille peut correspondre à **un stockage en masse, à l'air libre, sur un seul et unique ilot** correspondant à un volume de 30 m \* 60 m \* 10 m soit 18 000 m<sup>3</sup>.

Les deux bâtiments étant identiques, une seule simulation par hypothèse sera réalisée et projetée sur le plan du site (excepté pour visualiser l'impact des merlons).

Le logiciel n'intégrant pas la paille dans sa base de données de combustibles, une étude de sensibilité aux combustibles sera réalisée sur la base :

- **D'un stockage en masse de palettes type « rubrique 1510 »**
- **D'un stockage en masse de biomasse combustible (bois)**

Le cas d'une palette 1510 sera majorant en termes de flux thermique (plus grande puissance dégagée) mais permettra d'apprécier l'impact d'un rayonnement vis-à-vis des limites de sites.

Concernant le bois, la « palette » définie occupe un volume de 0,90 m \* 1,2 m \* 2,40 m soit 2,592 m<sup>3</sup>, totalisant une masse de 500 kg de combustible. Ces dimensions et cette masse correspondent aux caractéristiques d'une balle de paille parallélépipédique de haute densité (afin de majorer la quantité de combustible stockée).

Le cas du stockage de bois sera plus représentatif du stockage réel (biomasse) et le flux inhérent sera donc plus proche de la réalité. La dynamique d'incendie pourrait être cependant différente entre bois et paille, et ce notamment sur la vitesse d'atteinte du palier de puissance (plus rapide dans le cas de la paille). Ce paramètre n'est pas pris en considération dans les résultats obtenus sur Flumilog mais il mène cependant à l'obtention de la puissance maximum dégagée (une courbe de montée en puissance étant générée par le logiciel lors du calcul de flux thermique). Cette puissance maximum calculée par le

logiciel est de l'ordre de 750 MW pour un stockage de palettes 1510 contre 400 MW pour un stockage de bois.

Le flux de chaleur sera mesuré à 1,80 m du sol, hauteur représentative d'un observateur debout pour les cas sans implémentation de merlons.

Du fait de son implantation, le site comporte des surélévations en bordure de parcelle (Ouest, Nord, Est). Les impacts de ces surélévations seront également investigués via la considération de merlons d'une hauteur de 1,50 m. Cette hauteur est minorée pour prendre en considération les incertitudes des profils altimétriques disponibles sur l'outil Géoportail (voir Figure 3 et Figure 4). Dans ce cas, et pour évaluer l'impact des merlons, la hauteur de relevé du flux de chaleur sera abaissée à 1,40 m. Ces derniers seront positionnés à 20 m des stockages. Les merlons pourraient notamment avoir un impact positif en termes de protection pour des cultures basses ou pour des cultures fauchées, plus proches du niveau du sol. Dans le cadre de cultures sur pieds, l'impact de protection serait moindre car la hauteur de la plante pourrait être supérieure à la hauteur du merlon. Par ailleurs, si ces derniers restent enherbés, la propagation de l'incendie depuis le merlon pourrait gagner les cultures.

Les éléments complémentaires aux autres données d'entrée non-spécifiques à ce site sont donnés dans les notes de calcul Flumilog associées à cette étude.

**Trois scénarios seront donc explorés pour étude de sensibilité :**

- **Scenario majorant : incendie des bâtiments de stockage – palette type « rubrique 1510 »**
- **Scenario représentatif : incendie des bâtiments de stockage – stockage de biomasse combustible (bois)**
- **Scenario majorant avec mesures de protection : incendie des bâtiments de stockage – palette type « rubrique 1510 » + merlons**

## 5.2 Méthode d'évaluation des effets thermiques

L'étude de flux thermique et des distances d'effets associées est réalisée via le logiciel Flumilog.

Ce dernier considère un feu généralisé du stockage à son paroxysme de puissance, et les hypothèses suivantes :

- Le feu n'a pu être circonscrit via les moyens d'extinction dans sa phase d'éclosion ou de développement
- La puissance de ce dernier évolue au cours du temps
- La protection passive est suffisante pour éviter la propagation entre cellules

Trois étapes permettent l'obtention des données :

- L'acquisition et l'initialisation des données d'entrée (géométrie de l'entrepôt, mode constructif, mode de stockage, marchandises stockées)
- La détermination des caractéristiques de flammes
- Le calcul des distances d'effets en fonction du temps

Les données d'entrées implémentées dans Flumilog sont associées au présent document via les notes de calcul éditées par le logiciel pour chacune des simulations numériques réalisées.

La démarche de modélisation d'un incendie permet de répondre à une situation précise dans des conditions initiales définies par l'utilisateur. Des études de sensibilités ont été menées dans le cadre de cette étude afin de valider les hypothèses de conditions initiales.

Le Tableau 2 ci-après récapitule les valeurs de références de flux thermiques retenues ainsi que leurs effets sur l'Homme et les structures.

Tableau 2 : Valeurs seuils de flux thermique et effets associés

Valeurs de référence	Effets sur l'Homme	Effets sur les structures
3 kW.m <sup>-2</sup>	Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	-
5 kW.m <sup>-2</sup>	Seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine	Seuil des destructions de vitres significatives
8 kW.m <sup>-2</sup>	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16 kW.m <sup>-2</sup>	-	Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW.m <sup>-2</sup>	-	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200 kW.m <sup>-2</sup>	-	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

### 5.3 Modélisation des scénarios retenus

#### 5.3.1 Incendie des hangars de stockage – Palette type « rubrique 1510 »

La Figure 8 ci-après présente les résultats de la modélisation Flumilog pour un stockage de palettes type « rubrique 1510 ».

Ces résultats nous permettent d'établir les remarques suivantes :

- Hangar Sud :
  - Les flux de chaleur maximums observés sont compris entre 16 et 20 kW.m<sup>-2</sup> à proximité immédiate du foyer ;
  - Un flux de chaleur compris entre 3 et 5 kW.m<sup>-2</sup> est atteint à une distance de 25 m à partir du stockage ;
  - La limite Ouest du site est donc atteinte par un flux de 3 kW.m<sup>-2</sup>, un flux thermique inférieur à 3 kW.m<sup>-2</sup> pourrait être observé hors du site.
- Hangar Nord :
  - Les flux de chaleur maximums sont identiques à ceux mesurés pour le hangar Sud ;
  - Un flux de chaleur compris entre 3 et 5 kW.m<sup>-2</sup> est également atteint à une distance de 25 m à partir du stockage ;
  - Un flux de chaleur compris entre 3 et 5 kW.m<sup>-2</sup> dépasse la limite de site à l'Est (d'environ 5 m).

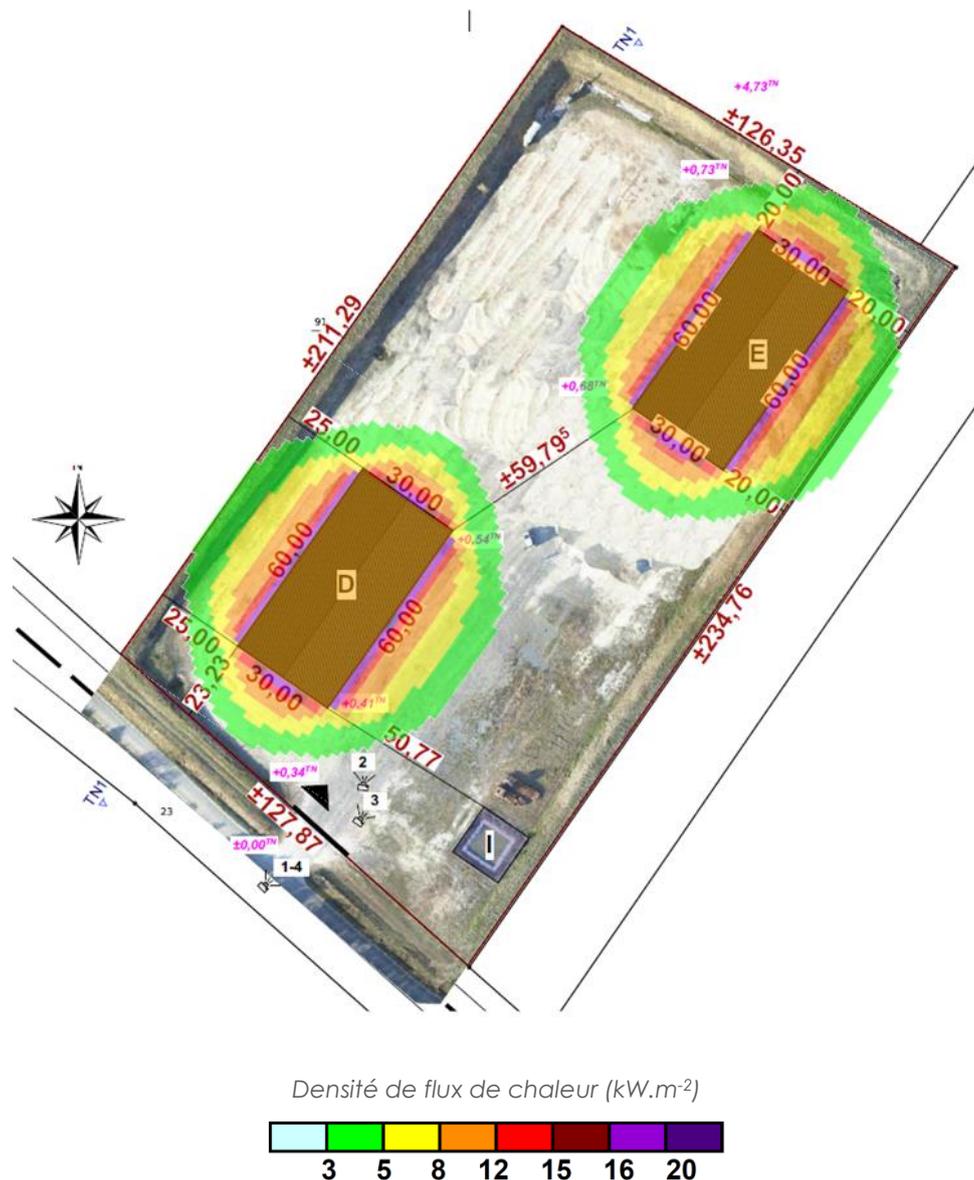


Figure 8 : Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,80 m

Conclusion intermédiaire :

Sur la base de cette modélisation majorante (combustible très différent de la paille), il est possible de constater que la propagation entre bâtiment ne pourrait pas être due au flux thermique.

*Nota : Il est cependant important de garder à l'esprit les éventuelles sautes de feux liées au transport de particules enflammées (par les mouvements convectifs des fumées et/ou par le vent).*

En cas d'incendie, un flux de chaleur inférieur à 5 kW.m<sup>2</sup> pourrait sortir des limites de site (et ce notamment pour le hangar Nord sur sa façade Est).

Il faut noter que cette modélisation est majorante du fait du combustible utilisé, peu représentatif de la biomasse combustible.

5.3.2 Incendie des hangars de stockage – Stockage de biomasse combustible (bois)

La Figure 9 ci-après présente les résultats de la modélisation Flumilog pour un stockage de bois. Cette modélisation est plus représentative d'un stockage de paille.

Ces résultats nous permettent d'établir les éléments suivants :

- Hangar Sud :
  - Les flux de chaleur maximums observés sont compris entre 12 et 15 kW.m<sup>-2</sup> à proximité immédiate du foyer ;
  - Un flux de chaleur compris entre 3 et 5 kW.m<sup>-2</sup> est atteint à une distance de 15 m à partir du stockage ;
  - Les limites du site ne sont pas atteintes par le flux thermique
  
- Hangar Nord :
  - Les flux de chaleur maximums sont identiques à ceux mesurés pour le hangar Sud ;
  - Un flux de chaleur compris entre 3 et 5 kW.m<sup>-2</sup> est également atteint à une distance de 15 m à partir du stockage ;
  - Les limites du site ne sont pas atteintes par le flux thermique

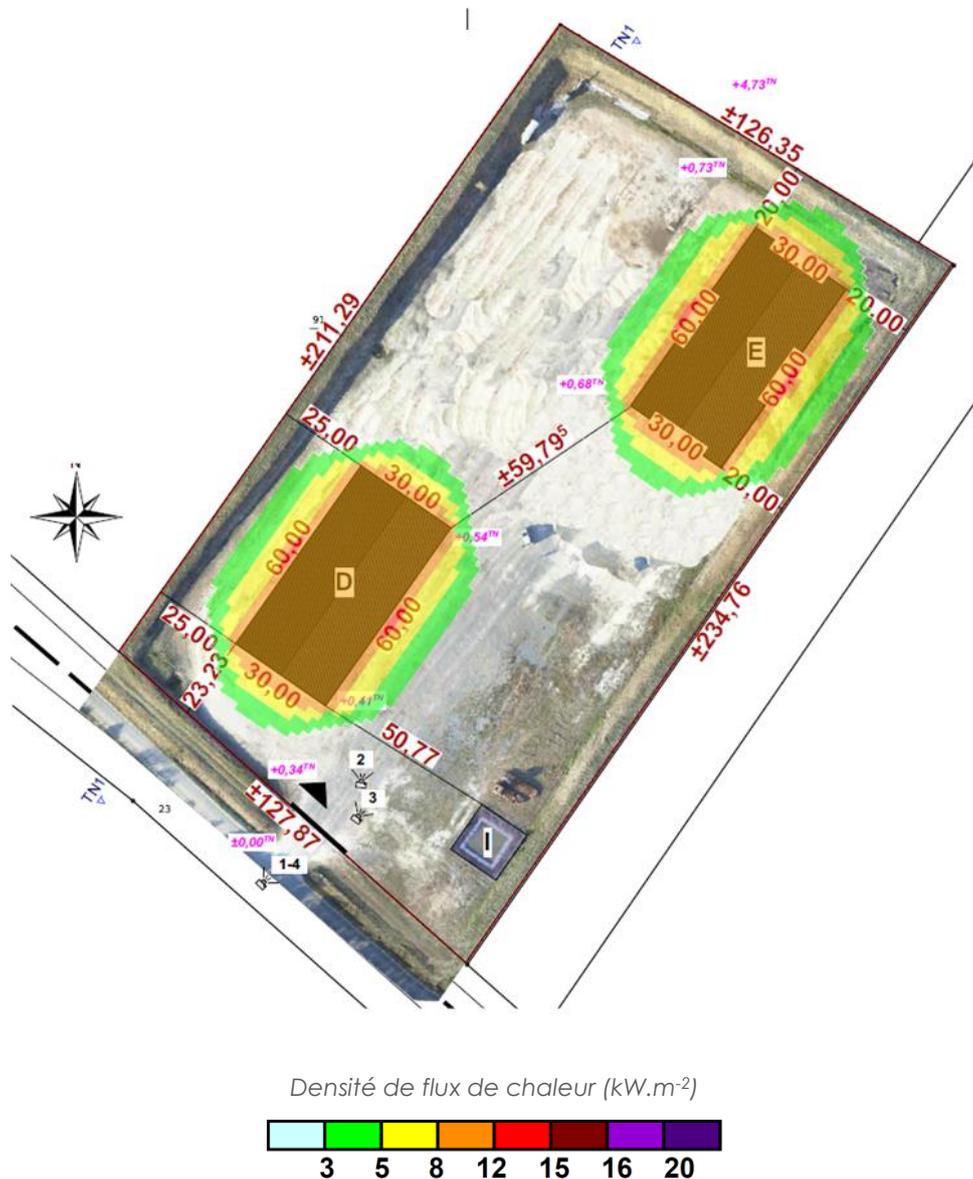


Figure 9 : Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,80 m

Conclusion intermédiaire :

Sur la base de cette modélisation représentative d'un stockage de biomasse combustible (bois), il est possible de constater que les flux thermiques supérieurs à 3 kW.m<sup>-2</sup> ne dépassent pas les limites de site.

Tout comme pour le cas précédent, l'espacement des hangars est suffisant et mène à impact radiatif minimisé de l'un sur l'autre en cas d'incendie.

*Nota : Il est cependant important de garder à l'esprit les éventuelles sautes de feux liées au transport de particules enflammées (par les mouvements convectifs des fumées et/ou par le vent).*

5.3.3 Evaluation de l'impact des merlons dans le cas de palettes 1510

Au regard des résultats obtenus dans le cas majorant (palettes type « rubrique 1510 »), une étude complémentaire est réalisée pour évaluer l'impact des surélévations en bordure de sites présentées au paragraphe 4.2.

Les Figure 10 et Figure 11 présentent respectivement les résultats obtenus pour une localisation des merlons à 20 m à compter de la bordure des stockages et pour une hauteur de 1,50 m. Les flux thermiques sont dès lors mesurés à 1,40 m pour évaluer le potentiel impact de merlons sur le flux thermique et les sur les risques de propagation aux cultures avoisinantes, seuls enjeux identifiés à proximité immédiate des installations.

Dans les deux cas, les merlons permettent d'atténuer, le flux de chaleur hors du site, en minimisant son aire d'impact.

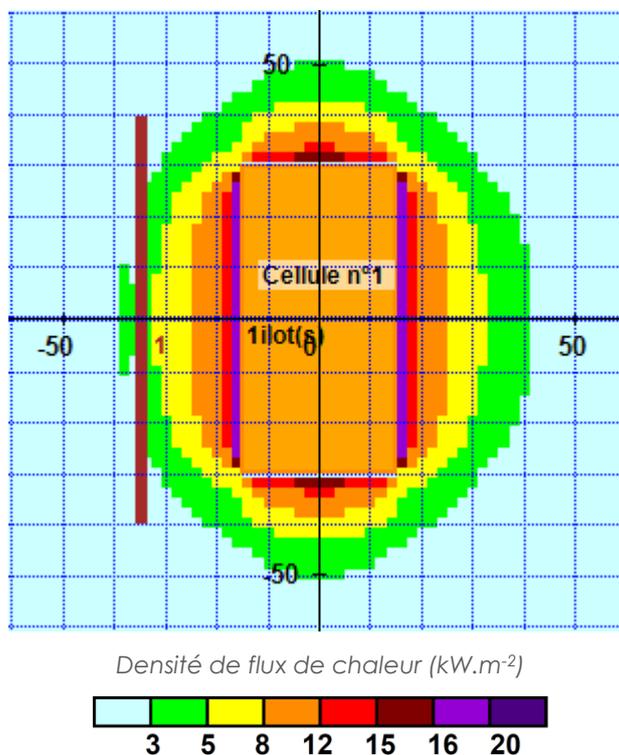


Figure 10 : Bâtiment Sud - Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,40 m

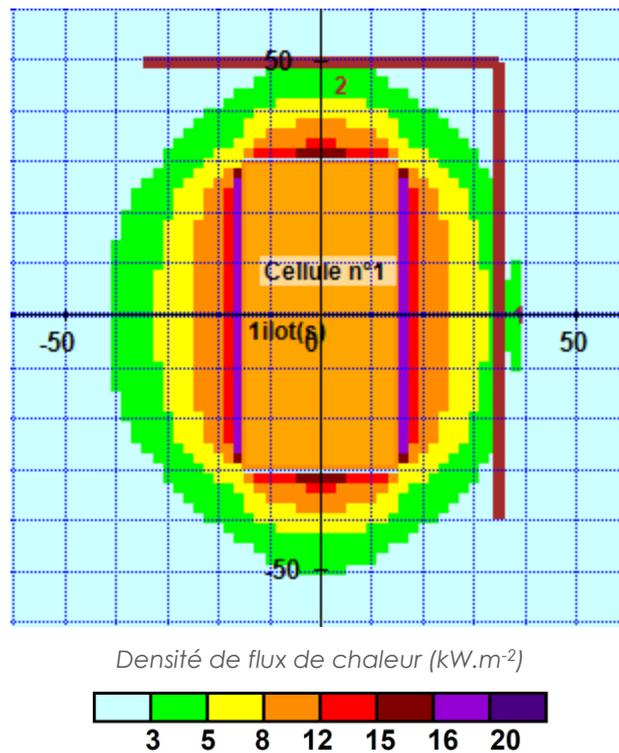


Figure 11 : Bâtiment Nord - Modélisation Flumilog - Flux thermique évalué à 1,40 m

Conclusion intermédiaire :

Au titre de ces dernières observations pour un cas majorant, il est possible de mesurer l'impact que pourront avoir ces surélévations dans le cadre du stockage de biomasse combustible (scénario « représentatif »). En effet, celles-ci constitueront une barrière supplémentaire aux flux thermiques, plus faibles que ceux présentés ici.

---

## 6 Conclusions

---

### 6.1 Analyse des scénarii

Au regard des simulations conduites dans le cadre de cette étude, les conclusions concernant les trois scénarii sont les suivantes :

#### **Scenario majorant : incendie des bâtiments de stockage – palette type « rubrique 1510 »**

Dans le cas des simulations intégrant des palettes type « rubrique 1510 » le rayonnement excède les limites du site, mais pour des flux thermiques inférieurs à 5 kW.m<sup>-2</sup>.

*Il faut garder à l'esprit que ce scénario est considéré comme majorant car le combustible n'est pas représentatif du stockage de destination des bâtiment (paille).*

#### **Scenario représentatif : incendie des bâtiments de stockage – stockage de biomasse combustible (bois)**

L'exploration de ce scénario montre que les effets thermiques liés à l'incendie de l'un ou l'autre des bâtiments composants l'installation n'excèdent pas les limites géographiques du site qui pour rappel ne comporte aucun autre enjeu.

#### **Scenario majorant avec mesures de protection : incendie des bâtiments de stockage – palette type « rubrique 1510 » + merlons**

Dans ce scénario, complémentaire au premier présenté, les mêmes conclusions peuvent être avancées à ceci-près que les merlons atténuent le flux thermique sans pour autant garantir une protection totale des cultures avoisinantes.

*Ce scénario est également considéré comme majorant au regard du combustible prescrit pour les besoins des simulations numériques.*

### 6.2 Conclusion générale

En considération des modélisations réalisées, le risque de propagation entre les deux bâtiments est nul, tandis que celui en dehors du site est faible en considération du seul impact du flux thermique (impact direct à court terme). Cependant, la dynamique d'un incendie majeur n'est pas uniquement dictée par cette composante et qu'en fonction de la volatilité des combustibles, des cendres et de la force du vent (influençant les mouvements convectifs à moyenne et grande échelle), des départs de feu pourraient tout de même être observés par transport de particules enflammées ou incandescentes.

En cas d'incendie, il conviendra donc de mettre en œuvre rapidement une protection des abords afin d'éviter la propagation liée au transport de particules.

# DUORISK

CONSEILS . ETUDES . FORMATIONS



Ce document est strictement confidentiel et établi à l'intention exclusive de ses destinataires. Toute utilisation ou diffusion non autorisée, en tout ou partie et de quelque manière que ce soit, est interdite et passible de poursuites.

DuoRisk décline toute responsabilité en cas d'altération, déformation ou falsification dont ce document pourrait faire l'objet.



**SARL DuoRisk**  
1 Avenue René Monory  
Centre d'affaires Futuropole - Bureau 308  
86360 - CHASSENEUIL DU POITOU



[contact@duorisk.fr](mailto:contact@duorisk.fr)



**Simon Roblin : 06 23 72 06 25**

**Fabien Hermouet : 06 23 72 05 84**



<https://duorisk.fr/>