

DS 01- Complexe aquatique

Avec Correction

PTSI

Samedi 24 septembre 2022

Table des matières

I Pourquoi le savoir-nager est-il un enjeu préoccupant ? (15 min)	2
II Comment faciliter l'accès des bassins aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ? (20 min)	3
III Comment protéger les usagers contre les éléments climatiques ? (15 min)	4
IV Comment estimer les possibilités de récupération d'énergie solaire sur le toit de la piscine Boiséo et gérer le chauffage des bassins ? (20 min)	5
V Comment optimiser la gestion des énergies pour le chauffage de l'eau des bassins, de l'eau chaude sanitaire et des locaux ? (50 min)	6

Complexe aquatique

Mise en situation

La noyade est la première cause de mortalité accidentelle chez les enfants.

« La moitié des collégiens, en fin de sixième, ne savent pas bien nager », affirmait la ministre des Sports, Roxana Maracineanu, au Parisien en avril 2019.

L'accès aux piscines pour la plupart des jeunes français, surtout pour les ruraux, n'est pas toujours systématique. C'est dans ce contexte que la CCVB, Communauté de Communes de la Vallée de la Bruche, située dans le Bas-Rhin (67), a lancé une consultation relative à la réalisation d'une étude de faisabilité pour la construction d'un équipement aquatique sur la commune de La Broque. Le cabinet d'architectes IPK Conseil a alors été retenu pour mener à bien cette mission.

L'équipement aquatique de La Broque a pour vocation prioritaire l'apprentissage de la natation pour les scolaires et une vocation complémentaire dans le secteur santé-détente, en réponse à une spécificité touristique assez forte de la vallée.



Figure 1 – Complexe aquatique de la Broque

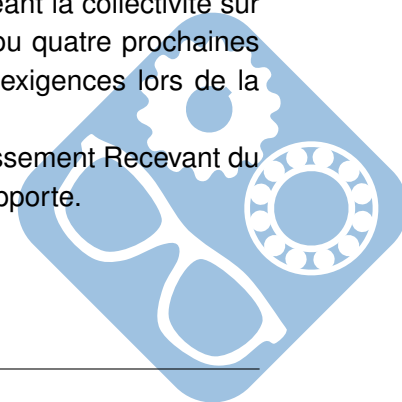
I Pourquoi le savoir-nager est-il un enjeu préoccupant ? (15 min)

Question 1 A partir du document technique DT1, lister les moments de la période de l'été 2018 où les pics de noyades sont les plus élevés. Préciser la particularité de cette année 2018.

Question 2 À l'aide du document DT2, indiquer le nombre d'élèves concernés dans la communauté de communes de la vallée de la Bruche.

Le projet Boiséo représente une opération d'envergure pour la CCVB, engageant la collectivité sur un projet destiné à couvrir les besoins de la population pour au moins les trois ou quatre prochaines décennies. Le bureau d'études IPK Conseil a dû tenir compte de nombreuses exigences lors de la conception de Boiséo.

Avant de démarrer toute installation et prévoir la sécurité dans un ERP (Établissement Recevant du Public), il est nécessaire de savoir à quelle catégorie le complexe aquatique se rapporte.



Catégorie ERP en fonction de la capacité d'accueil :

- Catégorie ERP 1 : à partir de 1 501 personnes,
- Catégorie ERP 2 : de 701 à 1 500 personnes,
- Catégorie ERP 3 : de 301 à 700 personnes,
- Catégorie ERP 4 : jusqu'à 300 personnes.

- Question 3** Rechercher sur le document DT2 la capacité d'accueil du complexe Boiséo. Indiquer la catégorie ERP correspondante.
- Question 4** À l'aide du document DT2, classer en trois catégories, sociale, économique et environnementale, les exigences contenues dans l'exigence principale « Bassin de vie » id = « 1 ».
- Question 5** Conclure sur les causes des noyades, le savoir nager comme mission prioritaire et comment le complexe aquatique Boiséo répond à ce besoin.

II Comment faciliter l'accès des bassins aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ? (20 min)

En France, la loi n° 2005-102, du 11 février 2005, « Loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées », vise à garantir une égalité de droits pour tous avec notamment la possibilité de se déplacer et d'accéder comme tout un chacun aux services, commerces, équipements,...

Cette idée a été étendue aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.). Les exigences à satisfaire sont décrites dans des arrêtés. Le document technique DT3 fournit des extraits de celui qui est actuellement en vigueur.

Les établissements recevant du public (E.R.P.), c'est-à-dire les magasins, bureaux, hôtels, piscines doivent être accessibles aux personnes en situation de handicap quel que soit celui-ci. Lors de la conception d'un bâtiment, comme le complexe aquatique Boiséo, des points de vigilance ont dû être définis pour rendre le bâtiment accessible à tous.

Étape 1, le parking : comment créer des zones de stationnement adaptées ?

Le parking prévu pour ce complexe aquatique contient 3 places pour les bus, 120 places pour les véhicules légers, 8 emplacements pour les motos. Un parc à vélos composé de 20 supports en arceaux complète l'équipement du stationnement.

- Question 6** À l'aide du document technique DT3, préciser comment la signalétique horizontale et verticale associée au stationnement d'une P.M.R. sont matérialisées (sur l'extrait du parking en bas du plan).
- Question 7** Calculer le nombre minimal de places adaptées à réserver aux P.M.R dans la zone de stationnement pour le public.
- Question 8** À partir de l'échelle indiquée sur le document technique DT3, mesurer la longueur et la largeur d'une place de stationnement pour P.M.R. Calculer les dimensions réelles de la place de stationnement en mètres.
- Question 9** À l'aide du document DT3, conclure vis-à-vis du respect de l'arrêté du 20 avril 2017 sur les dimensions des places de parking.



Étape 2, le cheminement extérieur : comment accéder sans effort et sans obstacle à l'entrée du bâtiment ?

Question 10 À partir du document technique DT3, relever les altitudes et la longueur de la zone 3. Calculer la pente, en pourcentage, de la zone 3. Justifier l'existence de la zone 4.

Étape 3 : l'accès aux bassins respecte-t-il les normes ?

Les usagers du centre aquatique, après s'être dévêtus et avoir pris une douche, vont accéder aux bassins en passant obligatoirement par un pédiluve.

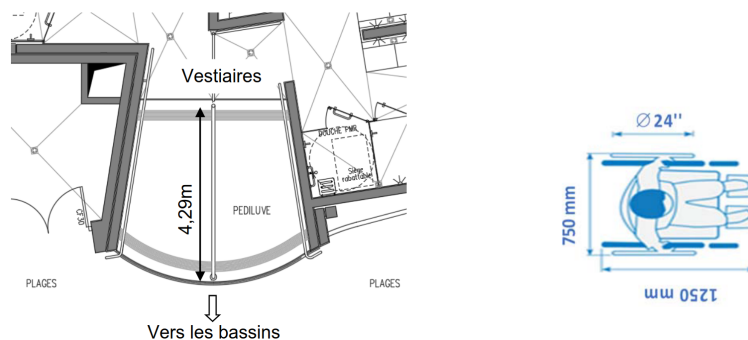


Figure 2 – Dimensions pédiluve et gabarit fauteuil roulant

La figure ci-dessus donne le gabarit d'encombrement d'un fauteuil roulant. Une roue arrière de fauteuil a un diamètre de 24" (pouces), soit 610 mm.

Question 11 Relever la longueur du pédiluve. Vérifier que cette longueur est supérieure ou égale à 2 tours de roue de fauteuil pour s'assurer qu'elles soient entièrement nettoyées.

III Comment protéger les usagers contre les éléments climatiques ? (15 min)

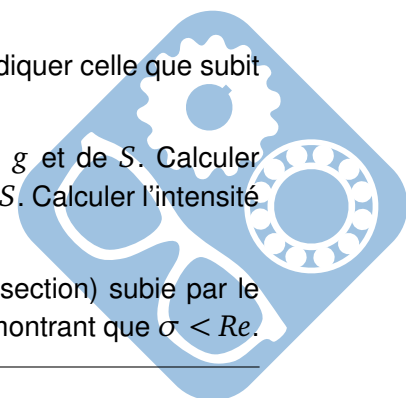
Un auvent couvre l'entrée du centre aquatique afin de limiter les effets de la neige et de la pluie sur les usagers.

Question 12 Grâce au document technique DT4, définir la fonction assurée par le poteau étudié.

Question 13 Parmi les 4 sollicitations : traction, compression, flexion, torsion, indiquer celle que subit le poteau.

Question 14 Calculer l'action permanente G appliquée au poteau, à partir de g et de S . Calculer l'action due à la neige S_n appliquée au poteau, à partir de s_n et de S . Calculer l'intensité de la force F appliquée au poteau.

Question 15 En prenant $F = 37kN$, calculer la contrainte $\sigma = \frac{F}{S}$ (S étant la section) subie par le poteau. En déduire que le tube est correctement dimensionné en montrant que $\sigma < R_e$.



IV Comment estimer les possibilités de récupération d'énergie solaire sur le toit de la piscine Boiséo et gérer le chauffage des bassins ? (20 min)

Question 16 À l'aide du document technique DT5, calculer la surface maximale St en m^2 de toiture de la piscine Boiséo sur laquelle il est possible d'installer des panneaux solaires (toitures terrasse 1 + terrasse 2).

Question 17 À partir du document technique DT6, relever la valeur de l'irradiance (rayonnement solaire) quotidienne moyenne en $kW \cdot h \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$.

Question 18 En prenant l'irradiance $I = 3kW \cdot h \cdot m^{-2} \cdot jour^{-1}$, et $St = 350m^2$, calculer l'énergie quotidienne théorique totale W_{tq} en $kW \cdot h \cdot jour^{-1}$ récupérable sur les toitures des deux terrasses.

Question 19 En prenant $W_{tq} = 1000kW \cdot h \cdot jour^{-1}$, et sachant que les panneaux solaires thermiques ont un rendement moyen de 80 %, calculer l'énergie quotidienne W_{psth} en $kW \cdot h \cdot jour^{-1}$ récupérable par ces panneaux.

La régulation de température de l'eau des bassins de la piscine se fait à l'aide de capteurs implantés sur le circuit d'eau des bassins et sur le circuit du fluide caloporteur des panneaux solaires thermiques. À partir de ces relevés, la source d'énergie est sélectionnée pour chauffer l'eau des bassins.

L'énergie thermique provenant des panneaux solaires thermiques est utilisée en permanence. Pour maintenir la température à une valeur constante, la pompe à chaleur vient compléter cet apport d'énergie de la manière suivante :

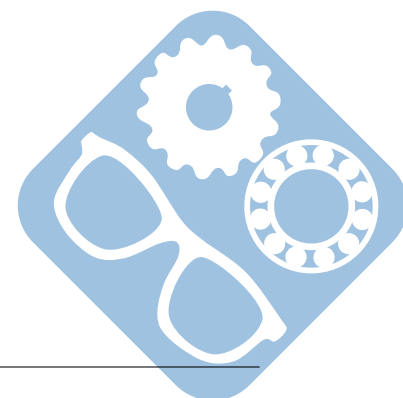
- Si l'écart de température entre le fluide caloporteur des panneaux solaires thermiques et l'eau des bassins est inférieur ou égale à $50^\circ C$, la pompe à chaleur est à l'état « MARCHE » pour compléter l'apport d'énergie,
- Si l'écart de température entre le fluide caloporteur des panneaux solaires thermiques et l'eau des bassins est supérieur à $50^\circ C$, la pompe à chaleur est à l'état « ARRÊT ».

Remarque : le chauffage au gaz (chaudière à condensation), n'est utilisé que pour la mise en chauffe initiale des bassins.

Avec :

- T_b = Température de l'eau des bassins en $^\circ C$,
- T_{cps} = Température du liquide caloporteur des panneaux solaires thermiques,
- ChPC = Chauffage Pompe à Chaleur.

Question 20 Pour sélectionner la source d'énergie en fonction des températures de l'eau des bassins et du fluide caloporteur des panneaux solaires, compléter les zones grisées de l'algorithme du document réponse DR2.



V Comment optimiser la gestion des énergies pour le chauffage de l'eau des bassins, de l'eau chaude sanitaire et des locaux ? (50 min)

La piscine Boiséo a un besoin important en énergie thermique destinée à :

- chauffer l'eau des bassins,
- chauffer l'eau chaude sanitaire (ECS) pour les douches, les lavabos, et le local du personnel,
- chauffer les locaux.

Question 21 Identifier sur le diagramme des exigences DT2 les 3 sources qui alimentent la piscine en énergie. Préciser pour chacune d'elles s'il s'agit d'une énergie renouvelable ou non-renouvelable, d'une énergie primaire ou secondaire.

Question 22 De ces trois sources d'énergie, préciser celle qui devrait être mise en œuvre en priorité et pour quelles raisons.

La production d'énergie thermique est assurée par 3 systèmes :

- des panneaux solaires thermiques posés horizontalement sur le toit du bâtiment, d'une puissance de 45 kW,
- trois pompes à chaleur (PAC) d'une puissance totale de 75 kW,
- une chaudière à gaz d'une puissance de 700 kW.

Question 23 Calculer la puissance maximum P_{MAX} que peuvent fournir ces trois modes de chauffage lorsqu'ils fonctionnent en même temps.

En fonctionnement nominal, c'est-à-dire pour maintenir la température de l'eau dans le bassin et chauffer les locaux, la consommation est de 300 kW. Cette puissance est prioritairement fournie par les panneaux solaires thermiques et les pompes à chaleur.

Question 24 Calculer dans ce cas la puissance P_{ch} que doit fournir la chaudière à gaz. Déterminer la marge de puissance P_{Marge} restant pour la chaudière à gaz.

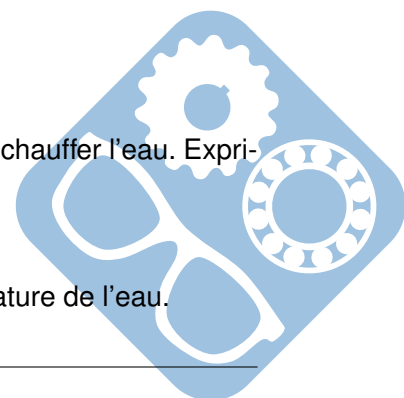
La piscine est alimentée en eau par le réseau public. L'eau arrive à une température de 12°C. Les bassins contiennent 660m³ d'eau. Lors du remplissage des bassins, il faut chauffer l'eau pour qu'elle puisse atteindre sa température nominale de 28°C. On rappelle que : $W = \Delta\theta \cdot m \cdot C_p$, avec :

- $\Delta\theta$: différence de température en °C,
- m : masse de l'eau en kg,
- C_p : chaleur massique de l'eau ($4185J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$)
- W : énergie en Joule (1 Joule=1 Watt seconde),
- 1m³ d'eau a une masse de 1000kg.

Question 25 Calculer la quantité d'énergie thermique W_{th} qu'il faut fournir pour chauffer l'eau. Exprimer ce résultat en Joule puis en kW·h.

On prendra une puissance disponible pour chauffer l'eau de 500kW.

Question 26 Déterminer le temps en heures nécessaire à la montée en température de l'eau.



On montre que l'équation différentielle qui régit la chauffe de l'eau à partir des échanges avec un fluide circulant dans un circuit de chauffe est :

$$\frac{m \cdot Cp}{h \cdot S} \cdot \frac{dt_e(t)}{dt} + t_e(t) = T_{fluide}$$

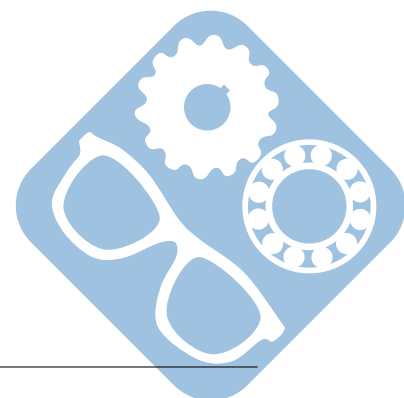
Avec :

- S la surface d'échange entre le serpentin et l'eau : $S = 30m^2$,
- h Coefficient d'échange conducto-convectif dans le cas étudié : $h = 3000W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,
- T_{fluide} température du liquide de chauffe : $T_{fluide} = 90^\circ$,
- $t_e(t)$ température de l'eau à chauffer.

Question 27 Passer cette équation dans le domaine de Laplace et déterminer $T_e(p) = L[t_e(t)]$ en fonction des autres paramètres. Montrer qu'on peut écrire $T_e(p) = \frac{b}{p \cdot (p+a)} + \frac{c}{p+a}$, en déduire a , b et c .

Question 28 Montrer que l'on peut écrire $T_e(p) = \frac{b}{p} + \frac{c-b}{p+a}$.

Question 29 En déduire $t_e(t)$ en fonction de a , b et c et si vous avez trouvé la réponse à la question 27 en fonction de m , Cp , h , S et T_{fluide} .

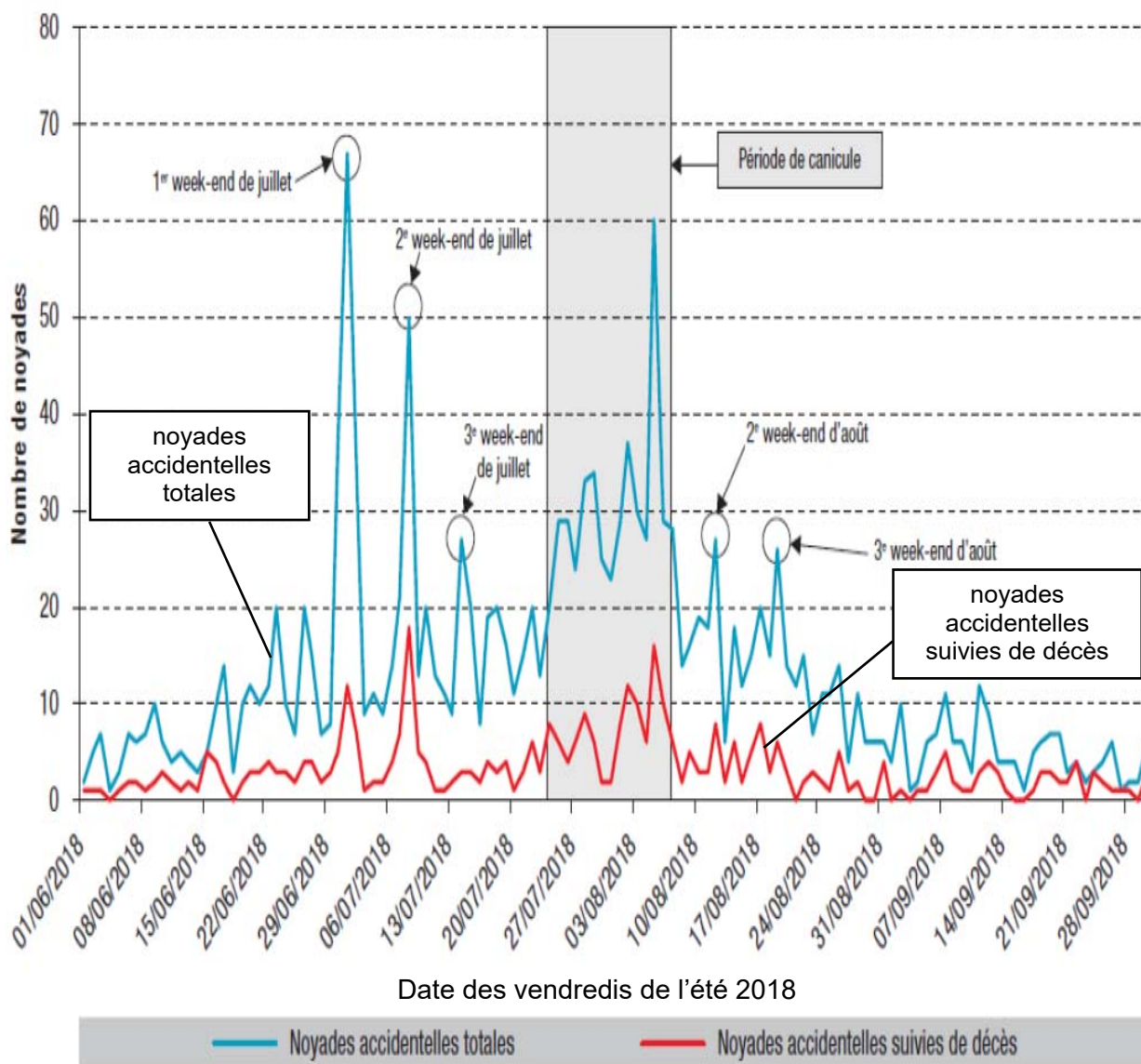


DT1 - Pour une stratégie globale de lutte contre les noyades

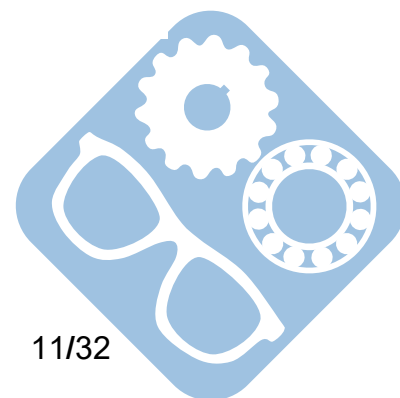
Extrait du rapport du Ministère des Sports, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse.

Chaque année est marquée, dans notre pays, par son lot de drames liés aux noyades. La gravité et le caractère récurrent de cette situation inquiètent et interpellent.

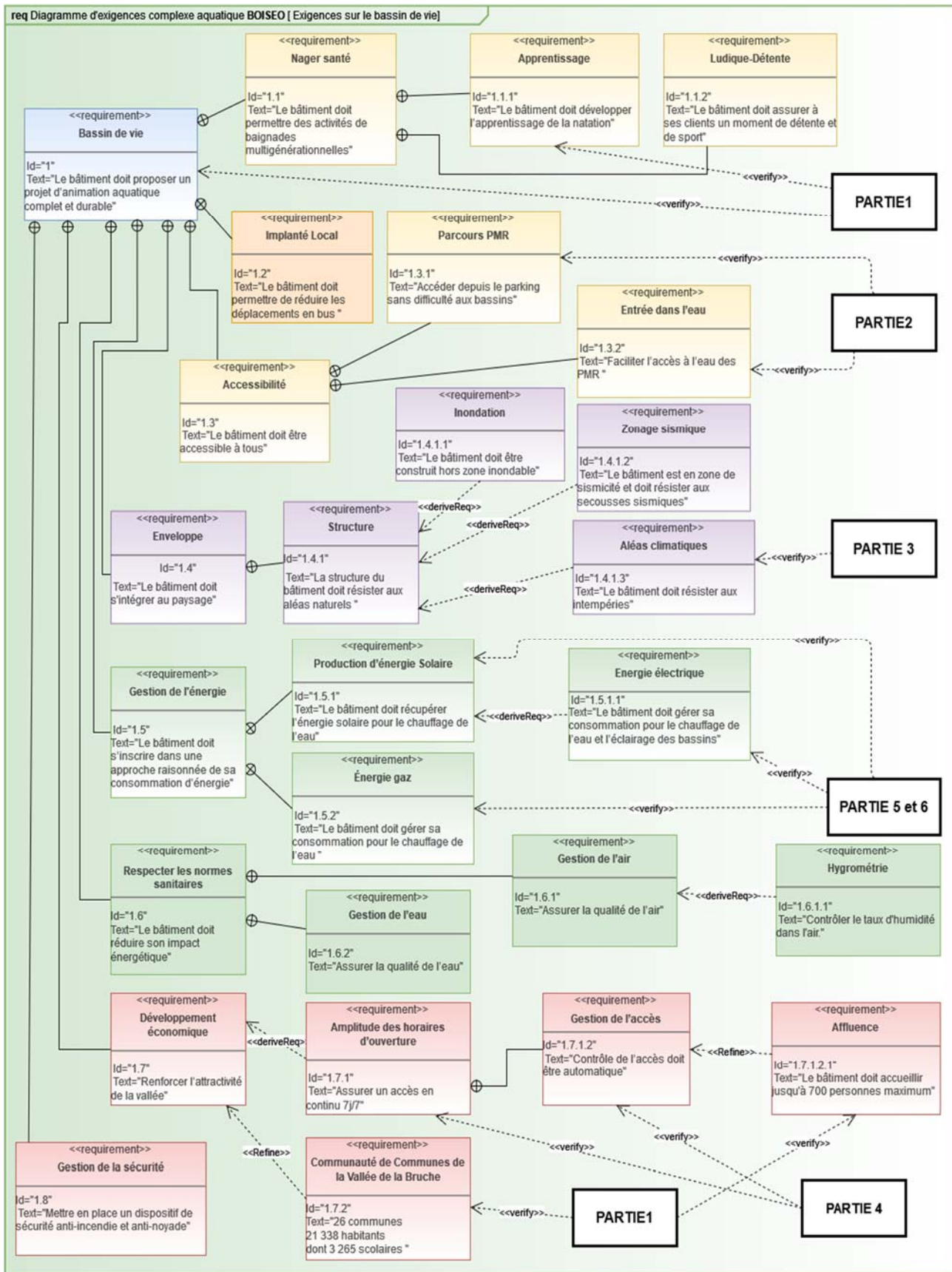
Nombre quotidien de noyades accidentelles durant l'été 2018, France, 1^{er} juin au 30 septembre 2018 (N=1 649)*



* Il n'y avait pas d'information sur la date de la noyade pour 1 personne.



DT2 - Diagramme SysML des exigences pour le complexe aquatique



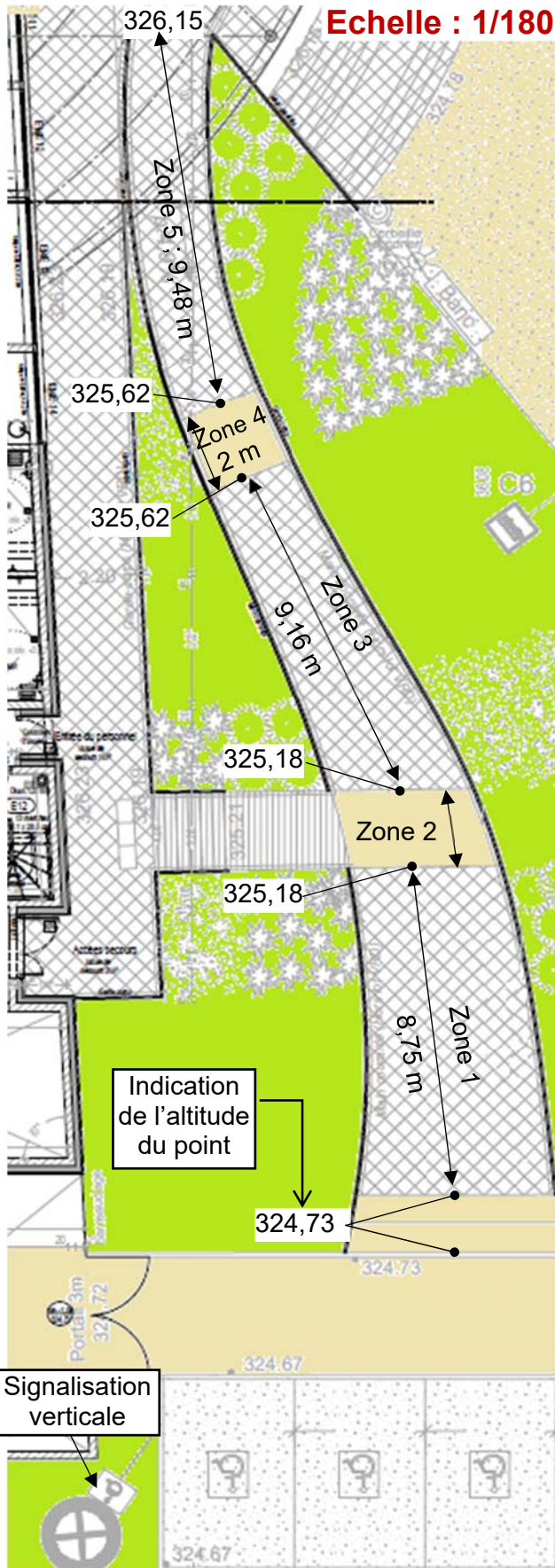
DT3 - Stationnement - accès extérieur - texte réglementaire

Etape 2

Extraits de l'arrêté du 20 avril 2017

Parvis et entrée

Place de parking

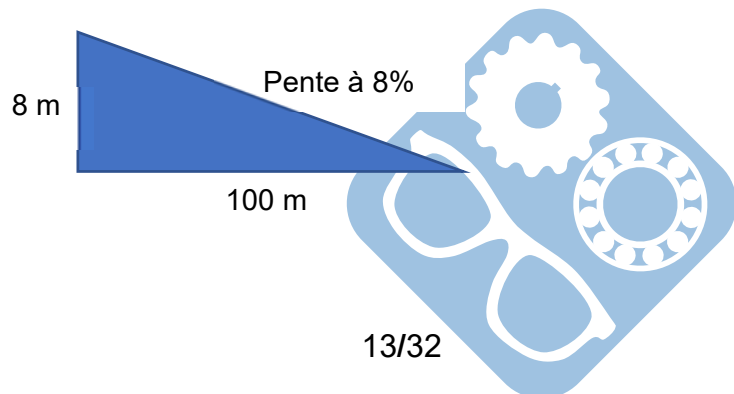


- Une place de stationnement adaptée est aisément repérable par tous à partir de l'entrée du parc de stationnement, elle est positionnée, dimensionnée et équipée de façon à permettre aux personnes titulaires de la carte « mobilité inclusion » et en particulier à une personne en fauteuil roulant ou à son accompagnateur, de stationner son véhicule au plus proche d'un cheminement accessible conduisant à une entrée ou une sortie de l'établissement.
- Les places adaptées destinées à l'usage du public représentent au minimum 2 % du nombre total de places prévues pour le public. Le nombre minimal de places adaptées est arrondi à l'unité supérieure. Au-delà de 500 places, le nombre de places adaptées, qui ne saurait être inférieur à 10, est fixé par arrêté municipal.
- La largeur minimale des places adaptées est de 3,30 m et leur longueur minimale est de 5 m.

Cheminevements

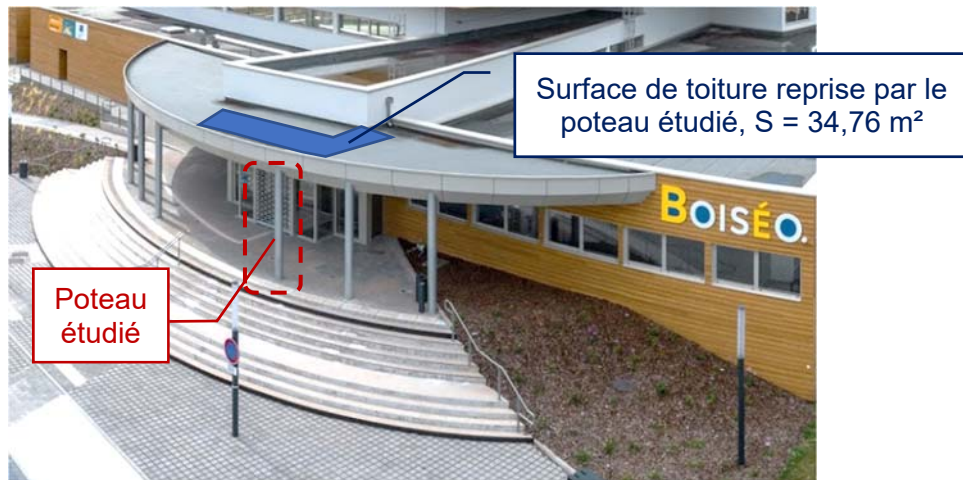
- Un cheminement accessible permet d'accéder à l'entrée principale, ou à une des entrées principales, des bâtiments depuis l'accès au terrain.
- Les cheminevements doivent être de préférence horizontaux.
- Lorsqu'une dénivellation ne peut être évitée, un plan incliné de pente inférieure ou égale à 5 % est aménagé afin de la franchir. Les valeurs de pentes suivantes sont tolérées exceptionnellement :
 - jusqu'à 8 % sur une longueur inférieure ou égale à 2 m ;
 - jusqu'à 10 % sur une longueur inférieure ou égale à 0,50 m.
- Un palier de repos est nécessaire en haut et en bas de chaque plan incliné quelle qu'en soit la longueur. En cas de plan incliné de pente supérieure ou égale à 4 %, un palier de repos est nécessaire tous les 10 m.
- Le palier de repos permet à une personne debout mais à mobilité réduite ou à une personne en fauteuil roulant de s'arrêter ; il correspond à un espace rectangulaire de dimensions minimales 1,20 m × 1,40 m.

Rappel : calcul d'une pente



DT4 - Auvent sur l'entrée

Mise en situation :



Source AP-MA

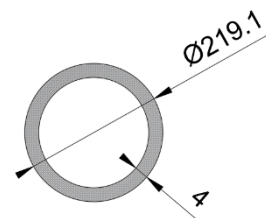
Modèle de chargement adopté pour le poteau :



avec :

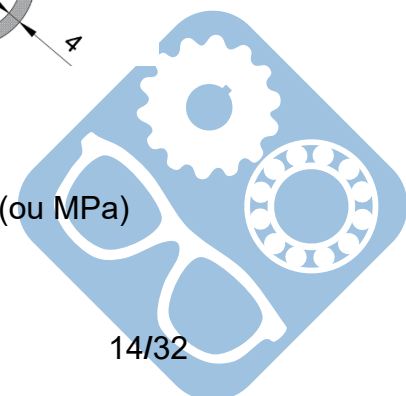
- $F = 1,35 \times G + 1,5 \times S_n$;
 - surface d'auvent reprise par le poteau : $S = 34,76 \text{ m}^2$;
 - G = action permanente en kN (due au poids des éléments) sur S , résultante de $g = 0,28 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ s'appliquant sur 1 m^2 d'auvent ;
 - S_n = action de la neige en kN sur S , résultante de $s_n = 0,45 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ s'appliquant sur 1 m^2 d'auvent ;
 - 1,35 et 1,5 coefficients de sécurité appliqués au chargement.

Tube retenu : diamètre : 219,1mm
Épaisseur : 4mm
Section : 2703 mm²



Matériau :

Ce poteau est en acier S235 : sa limite élastique vaut $R_e = 235 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ (ou MPa)



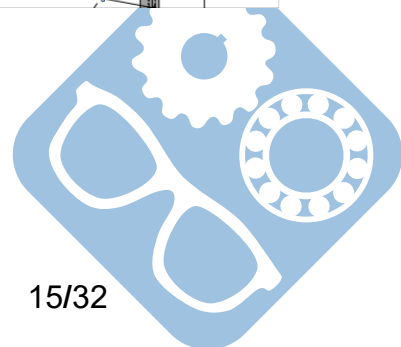
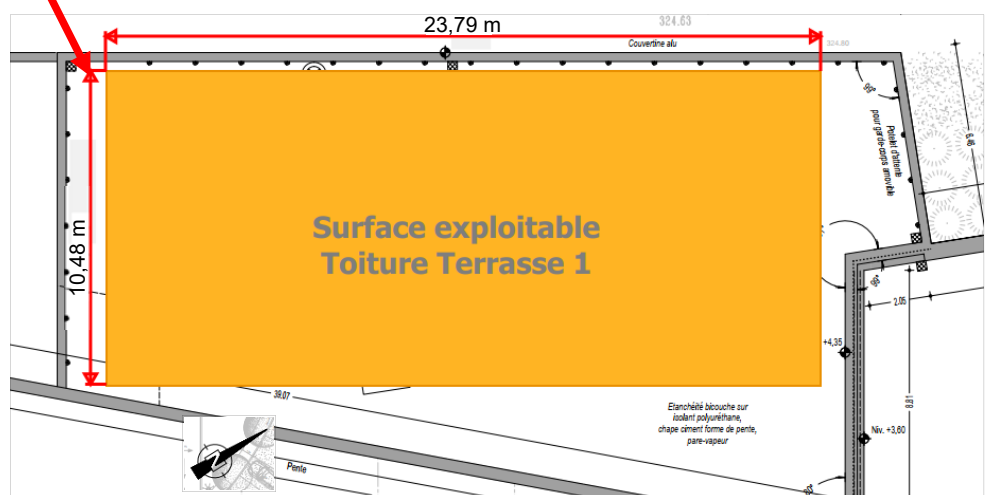
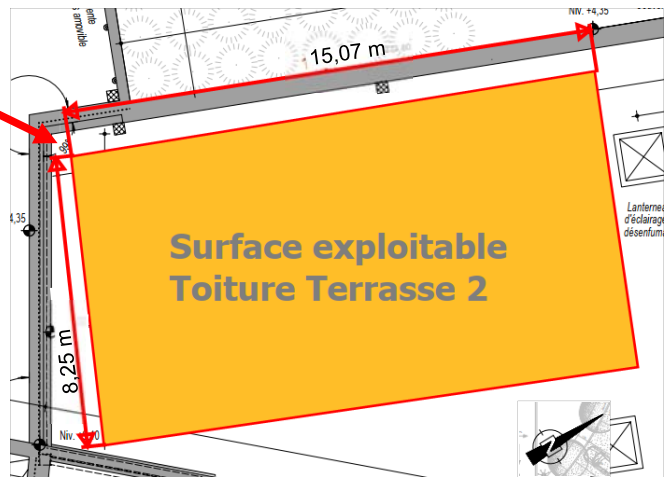
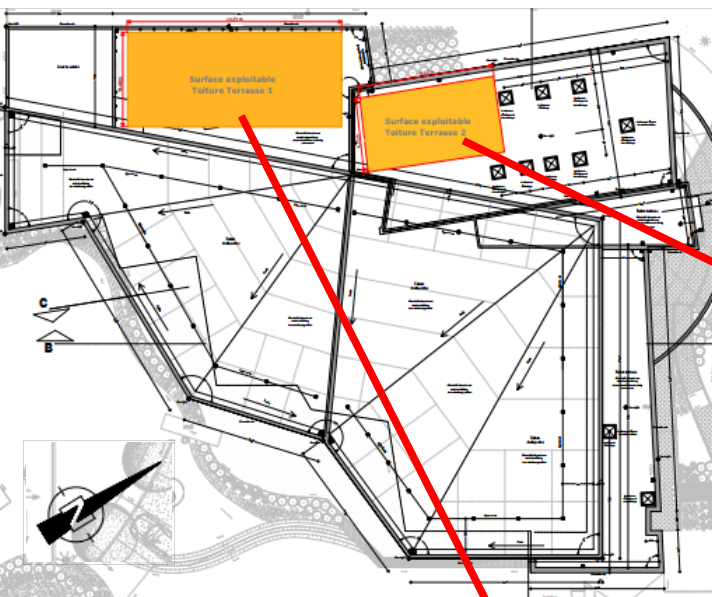
DT5 - plans toiture piscine Boiséo

Photo aérienne réalisée durant le chantier

Source : <https://www.google.fr/maps/>



Plans toitures piscine Boiséo



DT6 - Conditions climatiques de référence à La Broque

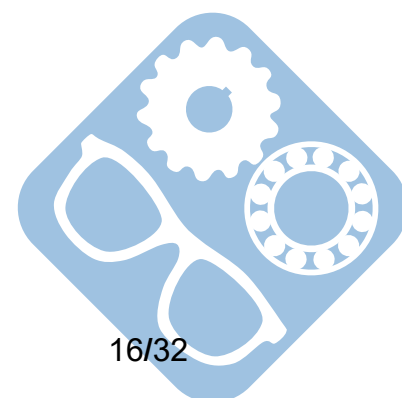
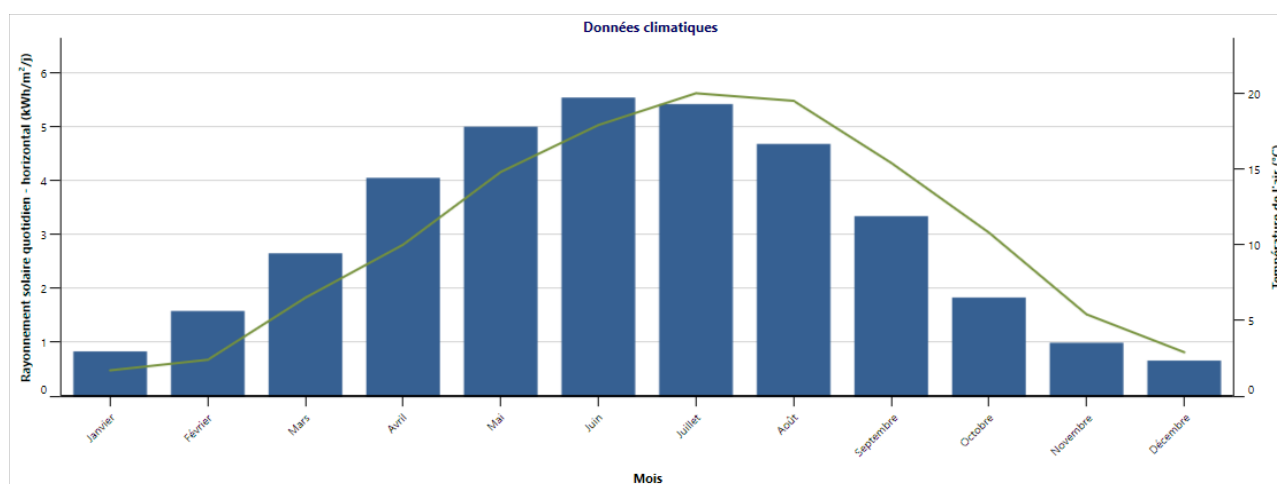
Les données statistiques ci-dessous permettent de connaître l'apport d'énergie solaire moyen par mois et par année d'un lieu géographique.

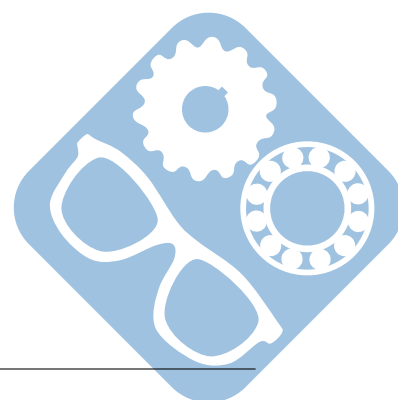
Les données ci-dessus concernent la ville de « La Broque » où est implantée la piscine Boiséo

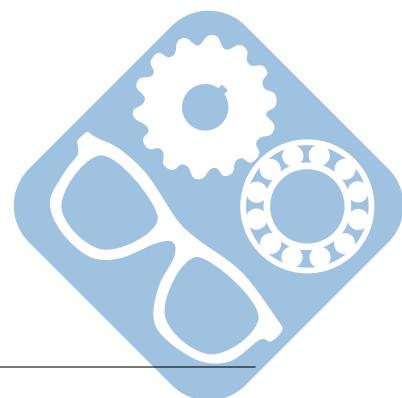
Conditions de référence du site
 Lieu des données climatiques  Lieu des installations

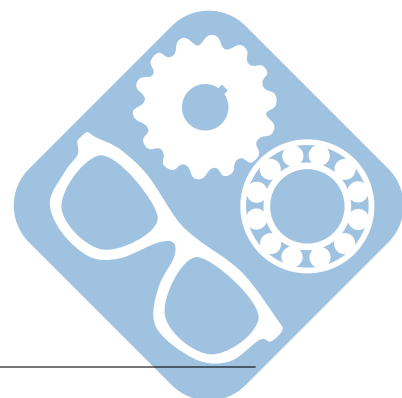
	Unité	Lieu des données climatiques	Lieu des installations	Source
Latitude		48,5	48,5	
Longitude		7,6	7,2	
Zone climatique		4A - Mixte - Humide		
Élévation	m	153	324	Sol+NASA Sol - Carte
Température extérieure de calcul de chauffage	°C	-7,0		Sol
Température extérieure de calcul de climatisation	°C	29,2		Sol
Amplitude des températures du sol	°C	17,7		NASA

Mois	Température de l'air		Humidité relative	Précipitation	Rayonnement solaire quotidien - horizontal		Pression atmosphérique	Vitesse du vent	Température du sol	Degrés-jours de chauffage 18 °C	Degrés-jours de climatisation 10 °C
	°C	%			mm	kWh/m ² /j					
Janvier	1,7	84,2%	59,21	0,83	98,4	3,3	-0,7	505	0		
Février	2,4	79,5%	51,52	1,58	98,3	3,3	0,4	437	0		
Mars	6,5	74,4%	57,35	2,65	98,2	3,4	4,5	357	0		
Avril	10,0	69,9%	54,30	4,05	98,0	3,2	8,9	240	0		
Mai	14,8	71,4%	80,60	5,00	98,1	3,0	14,0	99	149		
Juin	17,9	71,4%	72,00	5,54	98,2	2,8	17,4	3	237		
Juillet	20,0	71,4%	74,40	5,42	98,3	2,7	19,7	0	310		
Août	19,5	73,1%	65,41	4,68	98,2	2,5	19,4	0	295		
Septembre	15,4	78,4%	66,60	3,34	98,3	2,6	14,7	78	162		
Octobre	10,8	84,7%	68,82	1,83	98,3	2,7	9,6	223	25		
Novembre	5,4	87,4%	64,80	0,99	98,2	2,6	3,7	378	0		
Décembre	2,9	86,1%	73,16	0,66	98,3	3,1	0,3	468	0		
Annuel	10,7	77,7%	788,17	3,05	98,2	2,9	9,4	2 788	1 177		
Source	Sol	Sol	NASA	Sol	NASA	Sol	NASA	Sol	Sol		
Mesuré à	m		10	0							









Question 1 :

Les noyades interviennent majoritairement les week-ends de l'été, notamment les premiers de juillet. Il y en a aussi beaucoup durant la période de canicule de fin juillet à début août.

Question 2 :

Il y a 3265 élèves.

Question 3 :

La capacité max est de 700 personnes, c'est donc un ERP3.

Question 4 :

- « Social » : id 1.1, 1.2, 1.3, 1.8,
- « Economique » : id 1.7,
- « Environnemental » : id 1.4, 1.5, 1.6.

Question 5 :

Le manque de structure pour apprendre la natation fait que les enfants et certains adultes ne savent pas nager. Afin de diminuer le nombre de noyades, il faut avant l'été permettre au maximum de personnes d'avoir accès à une piscine. Le but de ce complexe est justement d'y faciliter l'accès à tous quelque soit l'âge ou les capacités physiques.

Question 6 :

Un panneau et des marquages au sol permettent cette matérialisation.

Question 7 :

Le nombre de place doit être supérieur à $120 \cdot 2\% = \frac{120 \cdot 2}{100} = 2.4$. Il faut donc 3 places.

Question 8 :

Largeur : $19mm \rightarrow 19 \cdot 180 = 3420mm = 3.42m$, Longueur : $28mm \rightarrow 28 \cdot 180 = 5040mm = 5.04m$

Question 9 :

Le cahier des charges est respecté car $3.42m > 3.3m$ et $5.04m > 5m$.

Question 10 :

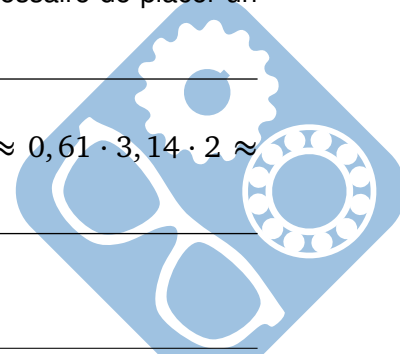
On passe de $325.62m$ à $325.18m$ en $9.16m$, la pente est donc $\frac{325.62-325.18}{9.16} = \frac{0.44}{9.16} \leq 5\%$. La pente est de plus de 4% mais comme la longueur est inférieure à 10m, il n'est pas nécessaire de placer un palier. Il en faut simplement un avant ou après.

Question 11 :

La longueur du pédiluve est de $4,29m$, deux tours de roues font $0,61 \cdot \pi \cdot 2 \approx 0,61 \cdot 3,14 \cdot 2 \approx 0,6 \cdot 3,2 \cdot 2 \approx 3,84m$, donc la longueur du pédiluve est suffisante.

Question 12 :

Le poteau porte la toiture.



Question 13 :

Le poteau est soumis à de la compression.

Question 14 :

$$G = 0.28 \cdot 34.76 \approx 0.3 \cdot 34 \approx 10.2kN$$

$$S_n = 0.45 \cdot 34.76 = 17.38 - 1.738 \approx 15.64kN$$

$$F = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S_n = 1.35 \cdot 10.2 + 1.5 \cdot 15.64 = 1.35 \cdot 10.2 + 1.5 \cdot 15.64 = 13.8 + 23 = 36.8kN.$$

Question 15 :

$$\sigma = \frac{37 \cdot 10^3}{2703} \approx \frac{36.9 \cdot 10^3}{2700} \approx \frac{4.1 \cdot 10}{3} \approx 13Mpa < 235. \text{ Le tube est largement dimensionné.}$$

Question 16 :

$$St = St1 + St2$$

$$St1 = 23.79 \cdot 10.48 \approx 23.8 \cdot 10.5 \approx 238 + 11.9 \approx 249.9m^2$$

$$St2 = 15.07 \cdot 8.25 \approx 120 + 3.75 \approx 123.75m^2$$

$$St = 249.9 + 123.75 = 373.65m^2$$

Question 17 :

$$\text{Irradiance} = 3.05kW \cdot h \cdot m^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$$

Question 18 :

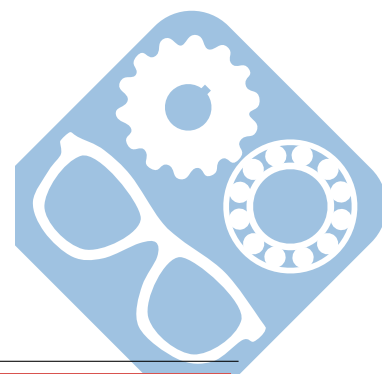
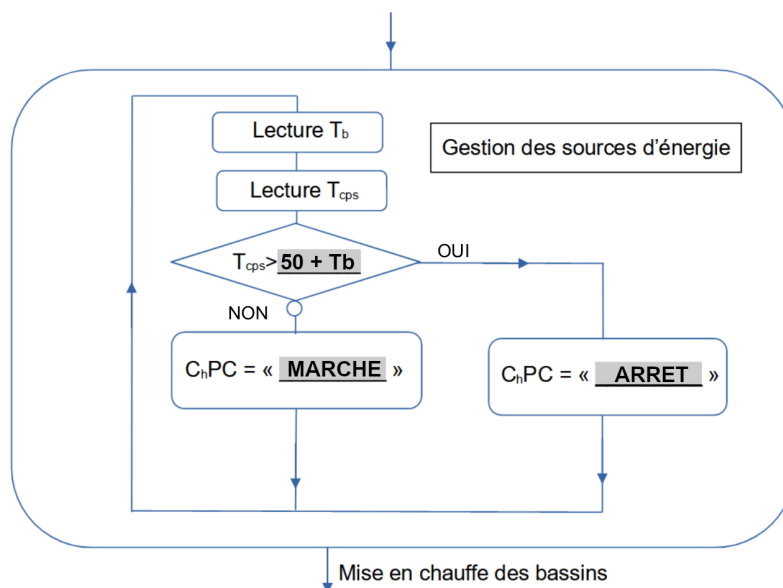
$$W_{tq} = 3 \cdot 350 = 1050kWh \cdot \text{jour}^{-1}$$

Question 19 :

$$W_{tq} = 1000 \cdot 0.8 = 800kWh \cdot \text{jour}^{-1}$$

Question 20 :

Algorithme à compléter : Compléter les parties grisées .



Question 21 :

- Gaz : énergie primaire non renouvelable,
- Solaire : énergie primaire renouvelable,
- Electricité : énergie secondaire et non renouvelable.

Question 22 :

L'énergie solaire est renouvelable, elle devrait donc être mise en œuvre en priorité.

Question 23 :

$$P_{max} = 45 + 75 + 700 = 820kW$$

Question 24 :

$$P_{ch} = 300 - 45 + 75 = 180kW, \text{ il reste une marge de } 520kW.$$

Question 25 :

$$W = \Delta\theta \cdot m \cdot Cp = (28 - 12) \cdot 660 \cdot 1000 \cdot 4185 \approx 16 \cdot 66 \cdot 42 \cdot 10^6 \approx 2^5 \cdot 14 \cdot 10^8 \approx 448 \cdot 10^8 J, \text{ soit}$$

$$\frac{448 \cdot 10^8}{3600 \cdot 1000} = \frac{112 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^5} \approx 12 \cdot 10^3 kWh.$$

Question 26 :

$$\text{Il faut } \frac{12000}{500} = 24 \text{ heures.}$$

Question 27 :

$$\frac{m \cdot Cp}{h \cdot S} \cdot (p \cdot T_e(p) - t_0) + T_e(p) = \frac{T_{fluide}}{p}$$

$$\frac{m \cdot Cp}{h \cdot S} \cdot p \cdot T_e(p) + T_e(p) = \frac{T_{fluide}}{p} + t_0 \cdot \frac{m \cdot Cp}{h \cdot S}$$

$$T_e(p) = \frac{\frac{T_{fluide}}{p} + t_0 \cdot \frac{m \cdot Cp}{h \cdot S}}{\frac{m \cdot Cp}{h \cdot S} \cdot p + 1} = \frac{\frac{T_{fluide}}{p} \cdot \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp} + t_0}{p + \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp}} = \frac{T_{fluide} \cdot \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp}}{p \cdot (p + \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp})} + \frac{t_0}{p + \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp}}$$

- $a = \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp},$
- $b = T_{fluide} \cdot \frac{h \cdot S}{m \cdot Cp},$
- $c = t_0.$

Question 28 :

$$T_e(p) = \frac{b}{p \cdot (p+a)} + \frac{c}{p+a} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p+a} + \frac{c}{p+a} = \frac{A \cdot p + A \cdot a + B \cdot p}{p \cdot (p+a)} + \frac{c}{p+a}$$

On a ainsi :

- $A + B = 0, \text{ donc } B = -A,$
- $A \cdot a = b, \text{ donc } A = \frac{b}{a}.$

$$T_e(p) = \frac{\frac{b}{a}}{p} - \frac{\frac{b}{a}}{p+a} + \frac{c}{p+a} = \frac{b}{p} + \frac{c - \frac{b}{a}}{p+a}$$

Question 29 :

$$t_e(t) = \frac{b}{a} + (c - \frac{b}{a}) \cdot e^{-a \cdot t}$$

Pour ceux qui sont trouvés les expressions littérales de a, b et $c.$

$$t_e(t) = T_{fluide} + (t_0 - T_{fluide}) \cdot e^{-\frac{h \cdot S}{m \cdot Cp} \cdot t}$$

